

# HEINZ NIXDORF INSTITUT



Jahresbericht 2009



HEINZ NIXDORF INSTITUT  
Universität Paderborn

## **HEINZ NIXDORF INSTITUT**

Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik

Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

Telefon +49(0) 5251|60 62 11

Telefax +49(0) 5251|60 62 12

<http://www.hni.uni-paderborn.de>

### **Mitglieder des Vorstands**

#### *Gruppe der Professoren:*

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier (Vorsitzender)\*

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier \*

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil \*

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus \*

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

\* Mitglieder im geschäftsführenden Vorstand

#### *Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter:*

Volker Brink

Dr. rer. pol. Christoph Laroque

#### *Gruppe der nichtwissenschaftlichen Mitarbeiter:*

Wilfried Bröckelmann

#### *Gruppe der Studierenden:*

Andreas Cord-Landwehr

### **Mitglieder des Kuratoriums**

#### *Von der Stiftung Westfalen benannt:*

Dr.-Ing. Horst Nasko, stv. Vorsitzender der Stiftung Westfalen

Heinz Paus, Bürgermeister der Stadt Paderborn

Prof. Dr. rer. nat. Hartwig Steusloff, Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung

#### *Von der Universität benannt:*

Prof. Dr. rer. nat. Thomas Lengauer Ph. D., Max-Planck-Institut für Informatik

Prof. Dr. rer. nat. Nikolaus Risch, Rektor der Universität Paderborn

Prof. Dr. Holm Tetens, Freie Universität Berlin

#### *Gemeinsam benannt:*

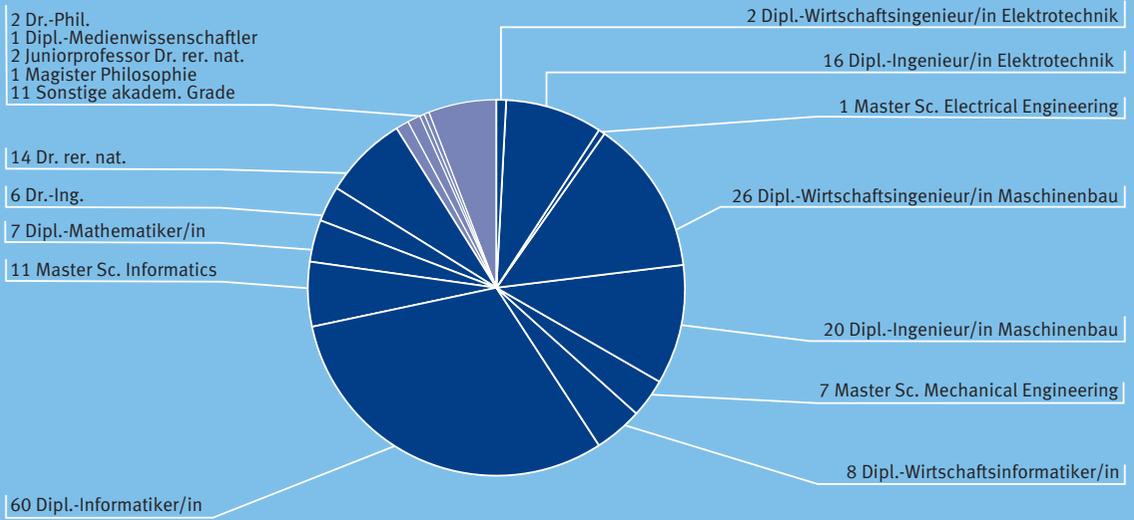
Prof. Dr. Otto K. Ferstl, Otto Friedrich Universität Bamberg

Prof. Dr. Klaus Waldschmidt, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper, Universität Stuttgart

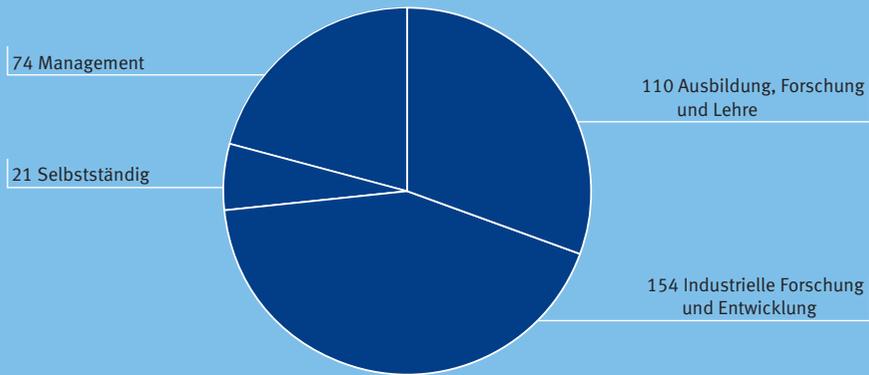
# Das Institut in Zahlen

## Akademisches Profil des interdisziplinären Instituts



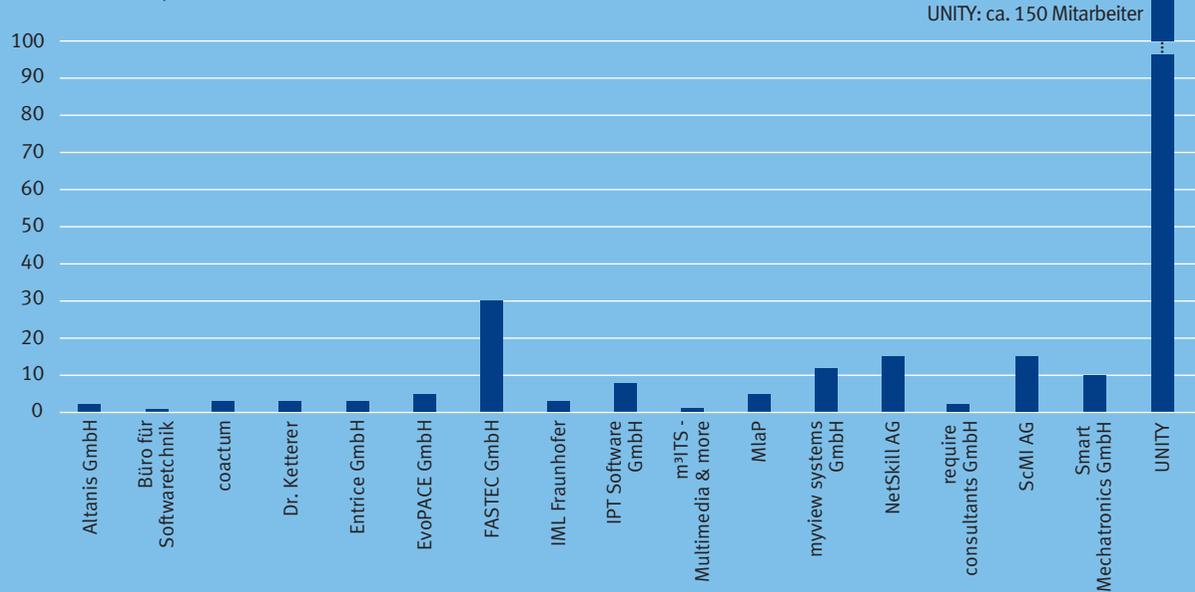
## Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

(seit Gründung des Instituts 1987)



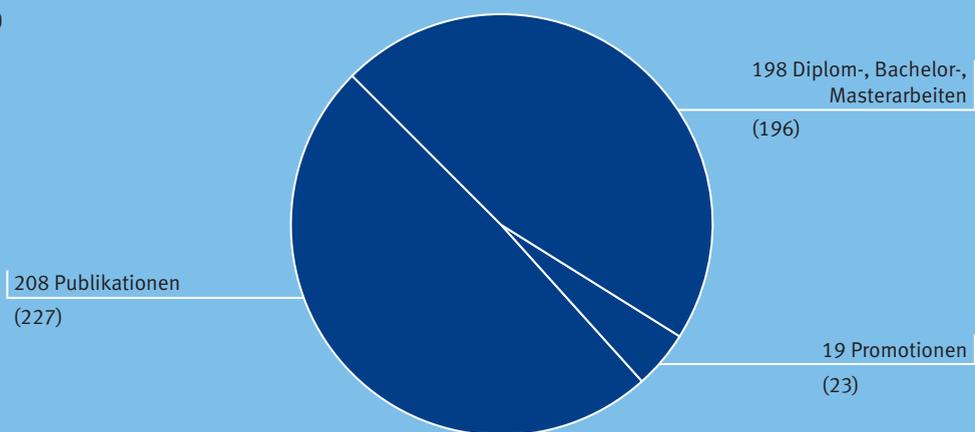
## Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut

Anzahl der Arbeitsplätze



## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

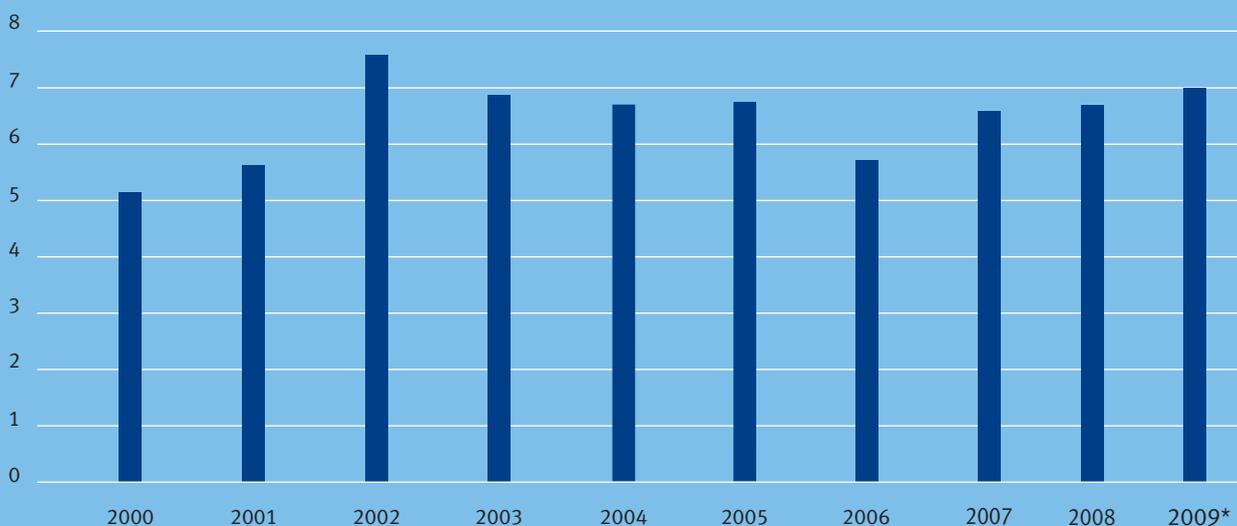
(Vorjahr 2008)



## Drittmittel

Drittmittel in Mio. EURO

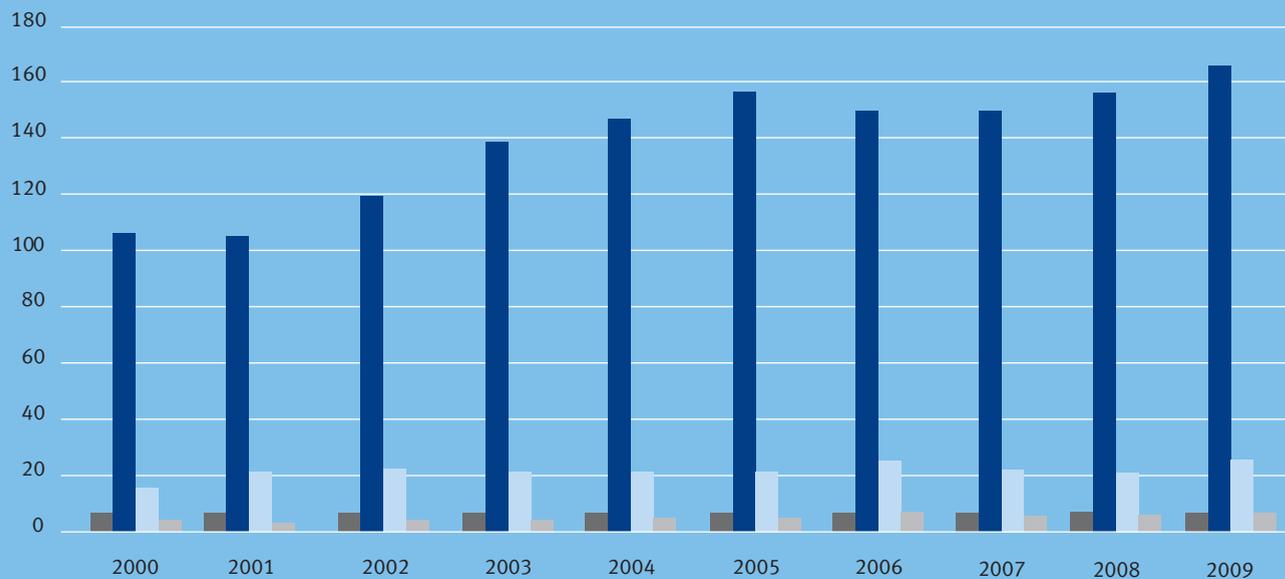
\*geschätzter Wert



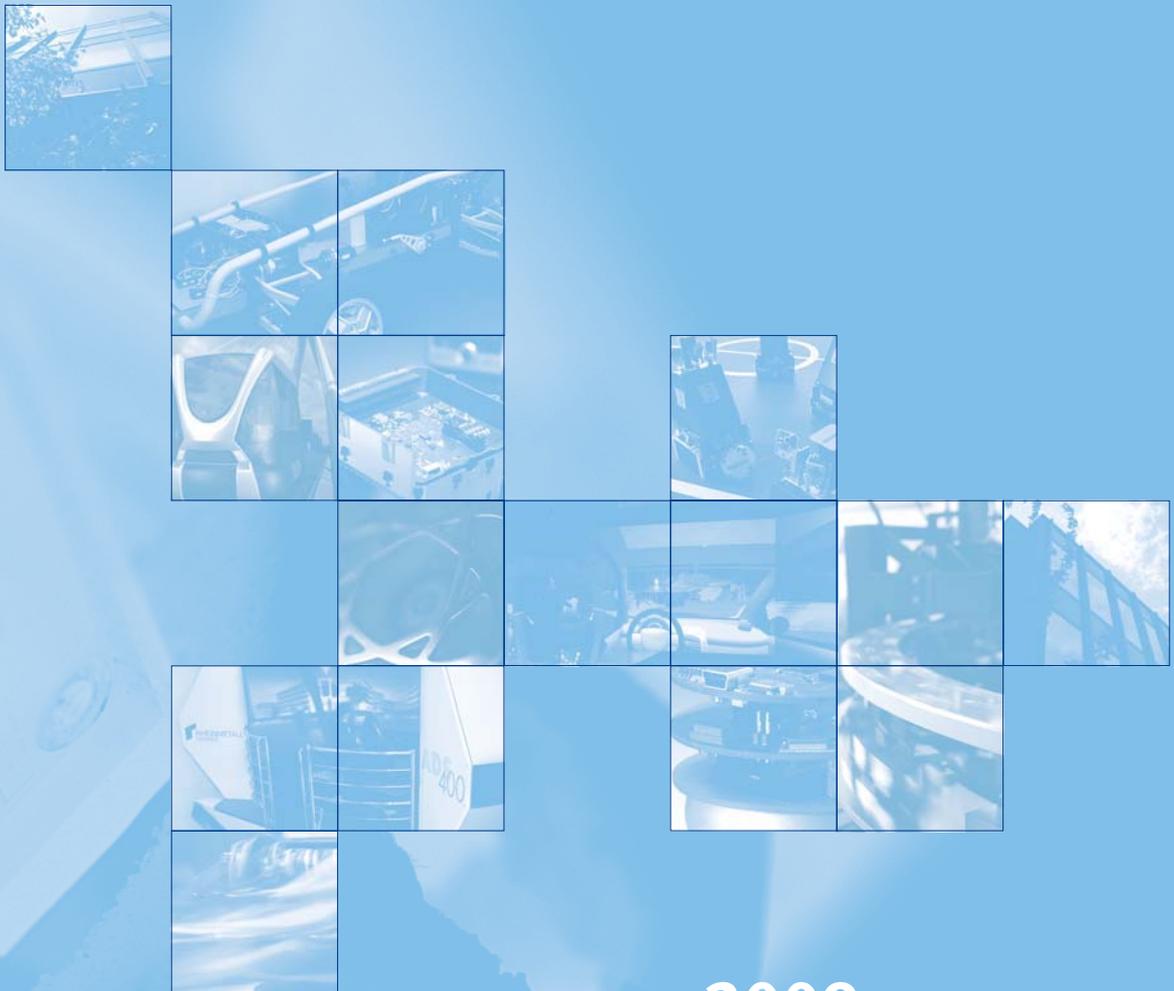
## Anzahl der Beschäftigten

Anzahl der Beschäftigten

Professoren    wiss. Mitarbeiter    nichtwiss. Mitarbeiter    Auszubildende



# HEINZ NIXDORF INSTITUT



Jahresbericht **2009**

# Inhalt

## Allgemeine Darstellung

<b>Umschlag vorne</b>	<b>Das Institut in Zahlen</b>
<b>Seite 6</b>	<b>Das Leitbild des Instituts</b>
<b>Seite 8</b>	<b>Das Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte</b>
<b>Seite 16</b>	<b>Kompetenzzentrum Virtual Prototyping und Simulation</b>
<b>Seite 18</b>	<b>Internet-basierte Informations- und Vermittlungsdienste</b>
<b>Seite 20</b>	<b>Engagement in der Nachwuchsförderung</b>

## weitere Aktivitäten

<b>Seite 92</b>	<b>Publikationen</b>
	<b>Promotionen</b>
	<b>Messen, Tagungen, Seminare</b>
	<b>Patente, Preise, Auszeichnungen</b>
	<b>Weitere Funktionen</b>
	<b>Spin-Offs</b>
	<b>Aktuelle Forschungsprojekte</b>
	<b>Aktuelle Industriekooperationen</b>
	<b>Wissenschaftliche Kooperationen</b>
<b>Seite 118</b>	<b>So finden Sie uns</b>
<b>Seite 119</b>	<b>Impressum</b>

# Inhalt

## Fachgruppen des Instituts

Seite 26 **Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

Seite 34 **Produktentstehung**  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Seite 42 **Informatik und Gesellschaft**  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

Seite 48 **Algorithmen und Komplexität**  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

Seite 54 **Entwurf Paralleler Systeme**  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

Seite 62 **Schaltungstechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert

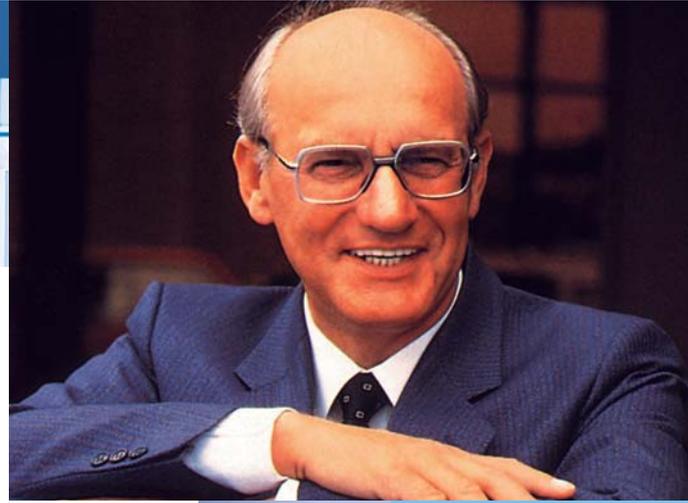
Seite 70 **Regelungstechnik und Mechatronik**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Seite 78 **Paralleles Rechnen**  
Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien

Seite 82 **Softwaretechnik**  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

Seite 88 **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

assozierte  
Fachgruppen



Heinz Nixdorf, † 1986

## Das Leitbild des Instituts

Wir erleben den Wandel von den nationalen Industriegesellschaften zur globalen Informationsgesellschaft. Informations- und Kommunikationstechnik durchdringt alle Lebensbereiche; die Grenzen von gestern verlieren ihre Bedeutung. Wir stellen aber auch fest, dass immer weniger Menschen Arbeit in den klassischen Bereichen der Industrie finden, weshalb viele den Wandel als Bedrohung empfinden und das Erreichte erhalten möchten. Die Entwicklung zur globalen Informationsgesellschaft eröffnet aber große Chancen und Gestaltungsmöglichkeiten. Es zeichnen sich neue Leistungsbereiche und Arbeitsplätze ab.

### **Symbiose von Informatik und Ingenieurwissenschaften**

Im Zentrum unserer Forschung steht die Symbiose von Informatik und Ingenieurwissenschaften. Daraus ergeben sich bedeutende Impulse für neue Erzeugnisse und Dienstleistungen für die globalen Märkte von morgen. Was wir tun, soll dazu beitragen, neue Arbeitsplätze zu schaffen und den Wohlstand zu erhalten.

Die Probleme, die wir zu lösen haben, sind komplex. Viele Einflüsse aus Naturwissenschaft, Technik, Ökonomie, Ökologie und dem gesellschaftlichen Umfeld sind zu berücksichtigen. Wir arbeiten interdisziplinär zusammen, weil wir sehen, dass sich nur so Lösungen für komplexe Probleme finden lassen.

### **Balance von Grundlagenforschung und angewandter Forschung**

Wir wollen ein führendes Forschungsinstitut sein. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, müssen wir der Praxis entscheidende Impulse geben können, aber auch die Probleme von morgen frühzeitig erkennen und an deren Lösung arbeiten. Grundlagenforschung, die neue Erkenntnisse bringt und neue Möglichkeiten

eröffnet, und angewandte Forschung, die einen aktuellen Praxisbezug aufweist, haben für uns den gleichen Stellenwert.

### **Engagement in der Nachwuchsförderung**

Wir engagieren uns intensiv in der Lehre und der Ausbildung unserer Studierenden, Doktorandinnen und Doktoranden mit dem Ziel, ihnen die erforderlichen Kompetenzen für die Gestaltung der Zukunft zu vermitteln.

### **Messbare Ziele**

Der Erfolg strategischen Agierens muss sich messen lassen; wir setzen uns drei Hauptziele:

- 1) Die Forschungsleistung soll hervorragend sein. Wir messen sie an unserem Drittmittelaufkommen, an der Anzahl der Promotionen und Habilitationen sowie an der Anzahl von Publikationen in angesehenen Organen.
- 2) Unsere Arbeit soll in der Wirtschaft zu innovativen Produkten, Dienstleistungen und Leistungserstellungsprozessen führen. Ein wichtiger Indikator ist die Anzahl der Ausgründungen.
- 3) Unsere Absolventinnen und Absolventen sollen einen adäquaten Arbeitsplatz in der Wirtschaft bzw. im wissenschaftlichen Umfeld erhalten.

Damit folgen wir der Intention von Heinz Nixdorf, dem Initiator unseres Instituts.



## Das Forschungsprogramm

Das wesentliche Handlungsfeld unseres Instituts ist die Forschung. In dem separaten Papier „Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen“ werden die Ziele und methodischen Ansätze der geplanten Forschungsaktivitäten ausführlich beschrieben. An dieser Stelle wird das Forschungsprogramm stark gekürzt vorgestellt.

### Die Forschungsvision: „Things that think.“

Die technischen Systeme von morgen werden in der Lage sein, sich an wechselnde Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen selbstständig anzupassen. Dies erfordert kognitive Fähigkeiten – daher der Slogan: „Things that think.“ Die Systeme werden aus einer Vielzahl von untereinander vernetzten, in sich komplexen Teilsystemen bestehen, die erst durch ihr Zusammenspiel die geforderte Gesamtfunktionalität erfüllen. Eine wesentliche Herausforderung ist, die Entwicklung von Einzelkomponenten und der Mechanismen für ihr Zusammenspiel als ganzheitliche Aufgabe anzugehen.

Multidisziplinäre Systeme erfordern Systemdenken. Die heute etablierten Entwicklungsmethodiken und -prozesse tragen dieser Gegebenheit nicht Rechnung, weil sie die jeweilige Domäne betrachten. Es fehlt eine Entwicklungsmethodik, die das Gesamtsystem in den Mittelpunkt stellt und das multidisziplinäre Entwicklungsgeschehen orchestriert.

### Die übergeordneten Ziele

#### **Innovationen für Wachstum und Beschäftigung**

Wir wollen aus der Symbiose von Informatik und Ingenieurwissenschaften innovative technische Systeme schaffen, die Nut-

zen stiften und Perspektiven für Wachstum und Beschäftigung eröffnen.

#### **Eine neue Schule des Entwurfs technischer Systeme**

Diese umfasst prinzipiell Vorgehensmodelle, Spezifikationstechniken, dedizierte Methoden und IT-Werkzeuge sowie Aus- und Weiterbildungsprogramme. Die konzeptionelle Plattform, von der auszugehen ist, bilden zum einen unsere bisherigen Arbeiten, geprägt von den Domänen Elektrotechnik, Informatik, Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften und zum anderen das Systems Engineering. Das Systems Engineering ist ein domänenübergreifender Ansatz zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme. Das Ziel besteht darin, verschiedene Domänen zu integrieren und vom Konzept bis zur Betriebsphase einen strukturierten Entwicklungsprozess zu beschreiben.

#### **Die Zukunft vorausdenken**

Da es uns um die Systeme von morgen geht, müssen wir Vorstellungen über die Nutzenerwartungen und Bedürfnisse sowie über die technischen Möglichkeiten von morgen entwickeln. Wir erreichen das durch systematische Vorausschau, d.h. durch die Wahrnehmung und Antizipation der Entwicklungen von Märkten und Technologien. Auf diese Weise können wir heute an dem arbeiten, was morgen gefragt sein wird.

Wir verfolgen unsere Ziele in enger Kooperation mit der Wirtschaft und an vorderster Front der Forschung, eingebettet in internationale, nationale und inneruniversitäre Forschungsnetzwerke.

Prozess	Vorausschau: Erkennen von Innovationspotentialen				
	Entwurfsmethodik: Spezifikation / Modellierung, Synthese, Analyse				
Technologie	1	2	3	4	5
Anwendung	Selbstkoord. u. -optimierung verteilter Systeme	Dienste in mobilen Systemen	Dynam. rekonfig. HW/SW-Systeme	Verteilte dynam. Datenräume	Simulation, Visualisierung und Interaktion
A Mechatronische Systeme	SFB 614	SFB 614	SFB 614		SFB 614
	ENTIME			ENTIME	ENTIME
B Kooperative Netzwerke	AC/DC				AC/DC
	Organic Computing	Organic Computing	Organic Computing	Organic Computing	
C Wissensbasierte soziotechnische Systeme	DFG GK Automatismen			DFG GK Automatismen	

Struktur des Forschungsprogramms des Heinz Nixdorf Instituts und Positionierung von Schwerpunktprojekten in dieser Struktur

### Die Struktur des Forschungsprogramms

Unser Forschungsprogramm ist so strukturiert, dass sich klare Aufträge formulieren lassen, der Arbeitsfortschritt sichtbar und messbar wird und die Ergebnisse in der Wirtschaft sukzessive Nutzen stiften. Das Bild gibt diese Struktur wieder. Danach gliedern wir unser Forschungsprogramm entlang der drei Dimensionen *Technologie*, *Anwendung* und *Prozess*. Damit verknüpfen wir den Technology Push mit dem Market Pull und beschreiben, wie ein innovatives und erfolgversprechendes technisches System zu identifizieren und zu entwerfen ist. Die drei Dimensionen lassen sich wie folgt charakterisieren:

#### Technologie

Darunter verstehen wir Maßnahmen, Verfahren etc., die dazu dienen, natur- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse für technische Systeme nutzbar zu machen. Der Fokus liegt aus heutiger Sicht auf den fünf folgenden Bereichen:

- Selbstkoordination und Selbstoptimierung verteilter Systeme
- Dienste in mobilen Systemen
- Dynamisch rekonfigurierbare HW/SW-Systeme
- Verteilte dynamische Datenräume
- Simulation, Visualisierung und Interaktion

#### Anwendung

Hier geht es uns um die Realisierung konkreter technischer Systeme, die Nutzen stiften bzw. Bedürfnisse erfüllen. Dies soll in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft erfolgen. Dadurch fördern wir den Erfahrungsaustausch mit der Praxis und validieren die von uns erarbeiteten Verfahren. Aus heutiger Sicht sind für uns folgende drei Anwendungsbereiche relevant:

- Mechatronische Systeme
- Kooperative Netzwerke
- Wissensbasierte soziotechnische Systeme

#### Prozess

Die Kreation der technischen Systeme von morgen erfordert zunächst einmal Phantasie und Vorstellungskraft, weil uns die Anwender von heute nicht sagen werden, welche Probleme sie morgen zu lösen haben und wie die entsprechenden Lösungen zu gestalten sind. Aber selbst wenn wir die Anforderungen an die Systeme von morgen kennen würden, fehlt es an einem Instrumentarium, solche Systeme, für die es heute kaum Vorbilder gibt, zu entwerfen. Daraus ergeben sich zwei Herausforderungen:

- Das Erkennen der Anforderungen an die Systeme von morgen; das erfordert Vorausschau.
- Entwurfsmethodik; hier geht es primär darum, eine neue Schule des Systementwurfs zu etablieren und so Dritte in die Lage zu versetzen, die Systeme von morgen zu entwerfen.

Konkrete Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind Zellen bzw. Cluster von Zellen des im Bild dargestellten Würfels. Derzeit existieren neben vielen kleineren und mittleren Projekten Schwerpunktprojekte. Fünf dieser Projekte sind in dem Würfel eingeordnet.

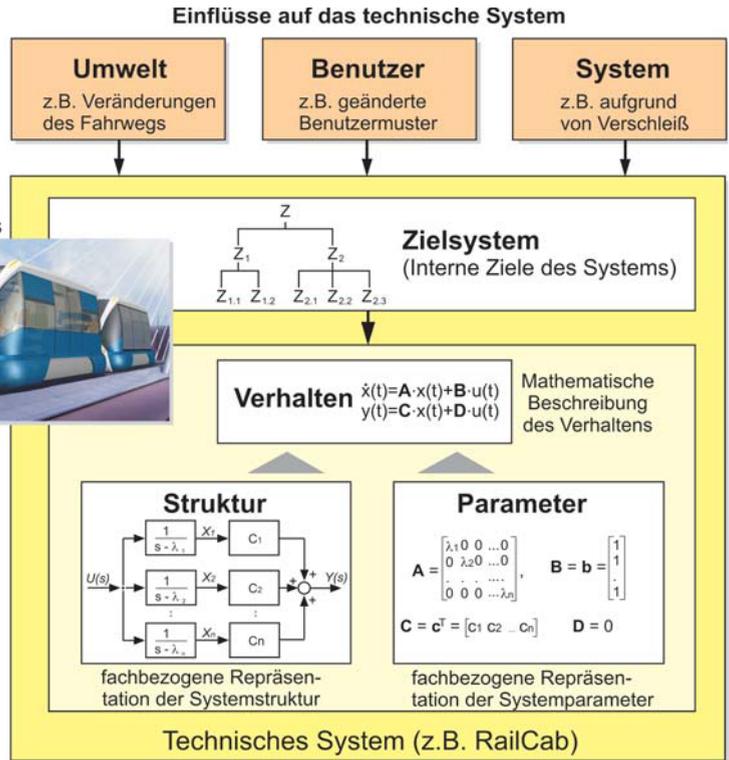
Auf den folgenden Seiten werden die Projekte SFB 614, VPS-Benchmark, ENTIME, Leitstand 2012, Miniaturroboter BeBot/Robotik Telewerkbank und Organic Computing beschrieben.

# SFB 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“

Intelligente Maschinen für die Märkte von morgen

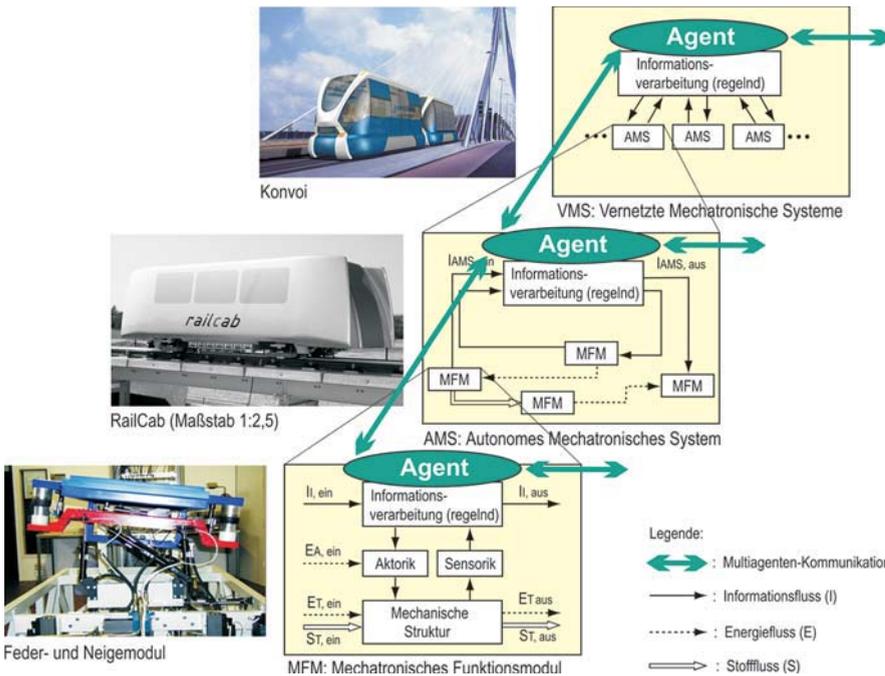
Maschinen sind allgegenwärtig. Sie produzieren, sie transportieren. Maschinen erleichtern die Arbeit und helfen. Aus der zunehmenden Durchdringung des Maschinenbaus mit Informationstechnik eröffnen sich erhebliche Nutzenpotentiale. Der Begriff Mechatronik bringt dies zum Ausdruck. Gemeint ist hier das enge symbiotische Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik, um das Verhalten eines technischen Systems zu verbessern. Künftige Systeme des Maschinenbaus werden aus Konfigurationen von Systemelementen mit einer inhärenten Teilintelligenz bestehen. Das Verhalten des Gesamtsystems wird durch die Kommunikation und Kooperation der intelligenten Systemelemente geprägt sein. Aus informationstechnischer Sicht handelt es sich nach unserem Verständnis um verteilte Systeme von miteinander kooperierenden Agenten.

Daraus eröffnen sich faszinierende Möglichkeiten für die Gestaltung der maschinenbaulichen Erzeugnisse von morgen. Der Begriff Selbstoptimierung charakterisiert diese Perspektive. Unter Selbstoptimierung eines technischen Systems wird die endogene Änderung der Ziele des Systems auf veränderte Umfeldbedingungen und die daraus resultierende zielkonforme autonome Anpassung der Parameter und ggf. der Struktur und somit des Verhaltens dieses Systems verstanden.



Aspekte eines selbstoptimierenden Systems

Der SFB verfolgt die langfristige Zielsetzung, das Wirkparadigma der Selbstoptimierung für den Maschinenbau zu erschließen und ein Instrumentarium zur Entwicklung derartiger Systeme zu schaffen. Das Instrumentarium besteht im Kern aus Vorgehensmodellen, Entwurfsmethoden und Software-Werkzeugen für Synthese und Analyse. Die Validierung erfolgt anhand von Demonstratoren, die die große Bandbreite des modernen Maschinen- und Fahrzeugbaus abdecken. Dazu zählen insbesondere die drei im Bild wiedergegebenen:



Struktur eines mechatronischen Systems mit inhärenter Teilintelligenz

Der im Juli 2002 gestartete SFB 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ (Sprecher: Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier) wurde im März 2009 erfolgreich begutachtet und erhält eine Förderung in Höhe von ca. 8 Mio. Euro für vier weitere Jahre.

- RailCab:** Das ist ein innovatives Bahnsystem, das als umfassende Versuchsanlage im Maßstab 1:2,5 realisiert ist (<http://nbp-www.upb.de>). Den Kern des Systems bilden autonome Fahrzeuge (RailCabs) für den Personen- und Gütertransport, die nach Bedarf und nicht nach Fahrplan fahren. Sie handeln proaktiv. Beispielsweise bilden sie Konvois, um den Energiebedarf zu reduzieren. Die RailCab-Module Antriebs- und Bremssystem, Feder- und Neigesystem und Energiemanagement wie auch das Zusammenwirken dieser Module beruhen auf der Selbstoptimierung.



Demonstratoren des SFB 614

- X-by-Wire-Versuchsfahrzeug Chamäleon:** Es handelt sich um ein vollaktives mechatronisches Versuchsfahrzeug, das ausschließlich elektrisch aktuiert ist. Es wird komplett by-wire gesteuert, d.h. es gibt keine mechanische Koppelung zwischen dem Bedienelement und der Aktorik. Ziel im Kontext des SFB ist eine selbstoptimierende Fahrzeugregelung hinsichtlich der Vertikal- und Längsdynamik, des Energiemanagements sowie der Rekonfiguration der Fahrwerksaktorik.

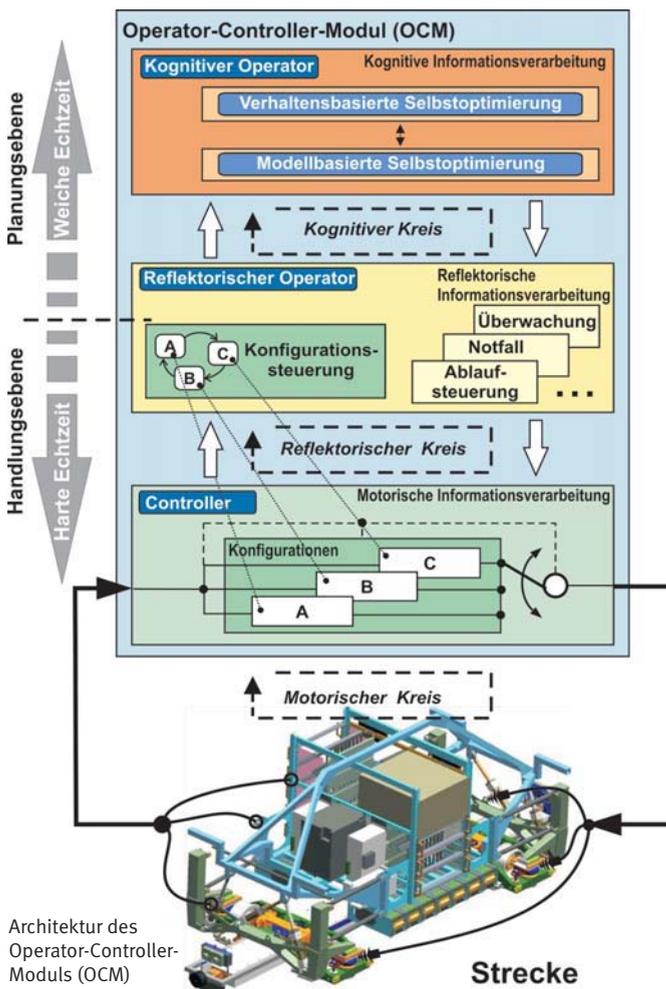
- Miniaturroboter BeBot:** Dieser dient als Technologieplattform für die Forschung in den Bereichen dynamisch rekonfigurierbarer Systeme, Multiagenten-Systeme sowie Schwarmintelligenz. Die Grundlage hierfür bildet die Kombination von rekonfigurierbaren Logikbausteinen (FPGA) und leistungsfähigen Mikrocontrollern. Zudem ist er Versuchsträger für die Technologie „Molded Interconnect Devices“ (MID).

Die Realisierung komplexer mechatronischer Systeme mit inhärenter Teilintelligenz erfordert ein geeignetes Strukturierungs- und Architekturkonzept für die Informationsverarbeitung. Hierzu wurde das Konzept des Operator-Controller-Moduls (OCM) entwickelt. Es entspricht aus informationstechnischer Sicht einem Agenten. Das Bild zeigt seinen Aufbau. Demnach gliedert sich ein OCM in drei Ebenen.

**Controller:** Dieser Regelkreis verarbeitet in direkter Wirkkette die Messsignale, ermittelt Stellsignale und gibt diese aus. Die Software auf dieser Ebene arbeitet quasi-kontinuierlich unter harten Echtzeitbedingungen.

**Reflektorischer Operator:** Er überwacht und steuert den Controller. Er modifiziert den Controller, indem er Parameter- oder Strukturänderungen initiiert.

**Kognitiver Operator:** Auf der obersten Ebene des OCM kann das System durch Anwendung vielfältiger Methoden (etwa Lernverfahren, modellbasierte Optimierungsverfahren oder den Einsatz wissensbasierter Systeme) Wissen über sich und die Umgebung zur Verbesserung des Verhaltens nutzen.



Die Arbeiten im SFB sind soweit gediehen, dass sich für den Maschinenbau und verwandte Branchen ein erhebliches Nutzenpotential abzeichnet. In 2008 sind daher fünf Transferprojekte gestartet. Im Kern der Transferprojekte steht die Evaluierung des im SFB entwickelten Instrumentariums in führenden Unternehmen des Maschinenbaus. Darüber hinaus wurde in 2009 ein Industriebeirat eingerichtet, um den Transfer der Erkenntnisse und der Entwurfsinstrumente in die Praxis zu fördern.

Die wesentlichen Ergebnisse der ersten beiden Förderperioden des SFB wurden zudem in zwei Buchpublikationen der HNI-Verlagsschriftenreihe dargestellt.



Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus – Definitionen, Anwendungen, Konzepte. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 234, 2009



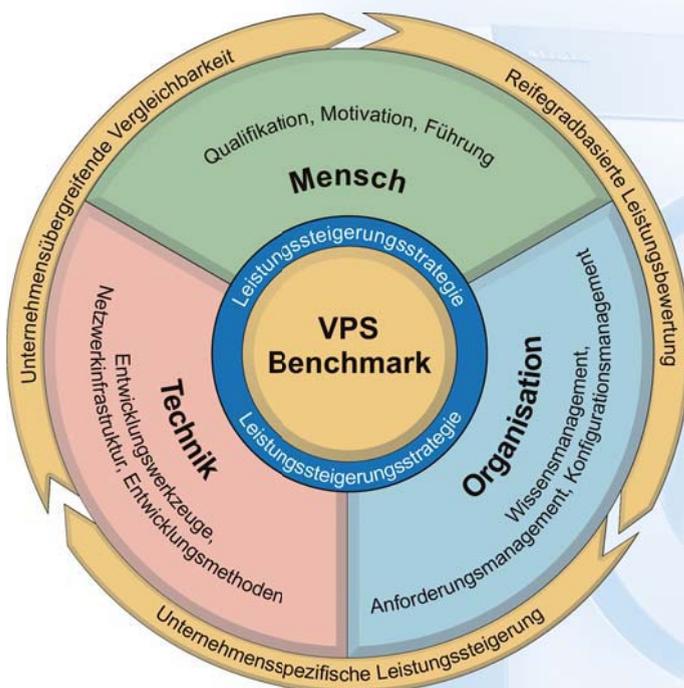
Verlässlichkeit selbstoptimierender Systeme – Potentiale nutzen und Risiken vermeiden. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 235, 2009

## Exzellenz-Wettbewerbe des NRW Ziel 2-Programms

Im Jahr 2007 hat eine neue Förderperiode des NRW Ziel 2-Programms begonnen. Das Programm verfolgt drei Ziele: 1. Der Mittelstand und die Existenzgründerszene sollen noch stärker und aktiver werden als bisher. 2. Städte und Regionen sollen attraktiver und lebenswerter werden. 3. Insbesondere sollen sich Innovationsbereitschaft und Innovationsfähigkeit im ganzen Land verbessern. Zukunftsweisende Technologien und Dienstleistungen, ungewöhnliche Kooperationen oder neue Ansätze für den Wissenstransfer zwischen Forschung und Wirtschaft stehen im Mittelpunkt. In entsprechenden Wettbewerben des Landes hat das Heinz Nixdorf Institut drei Projekte gewonnen.

### VPS Benchmark – Leistungssteigerung in der Produktentwicklung

Die Methoden und Werkzeuge des Virtual Prototyping und Simulation (VPS) tragen maßgeblich zu einer Beschleunigung des Produktentstehungsprozesses und zur Erhöhung der



Entwicklungsqualität bei. Das Projekt „VPS Benchmark“ soll vor allem kleine und mittlere Unternehmen unterstützen, die Nutzenpotentiale von Virtual Prototyping und Simulation zu erkennen und zu erschließen.

Mit dem Benchmark lässt sich der VPS-Handlungsbedarf eines Unternehmens ermitteln und eine Strategie zur VPS-Leistungssteigerung entwickeln. Für die Ermittlung werden relevante Handlungsfelder wie beispielsweise Produktdaten-, Varianten- oder Entwicklungsprojektmanagement im Unternehmen analysiert.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Der daraus resultierende Reifegrad zeigt, wie gut ein Unternehmen im Bereich des VPS aufgestellt ist und gibt Handlungsempfehlungen. Aufbauend auf dem IST-Zustand wird eine unternehmensspezifische Leistungssteigerungsstrategie erarbeitet, die nicht die maximal mögliche Leistungsstufe, sondern einen individuell sinnvollen SOLL-Zustand anstrebt. Durch die Reifegrade wird auch eine unternehmensübergreifende Vergleichbarkeit des Entwicklungsstandes ermöglicht.

Das gewonnene Wissen über VPS und die Projektergebnisse sollen der Industrie unter anderem über das Internetportal [www.viprosim.de](http://www.viprosim.de) zur Verfügung gestellt werden.

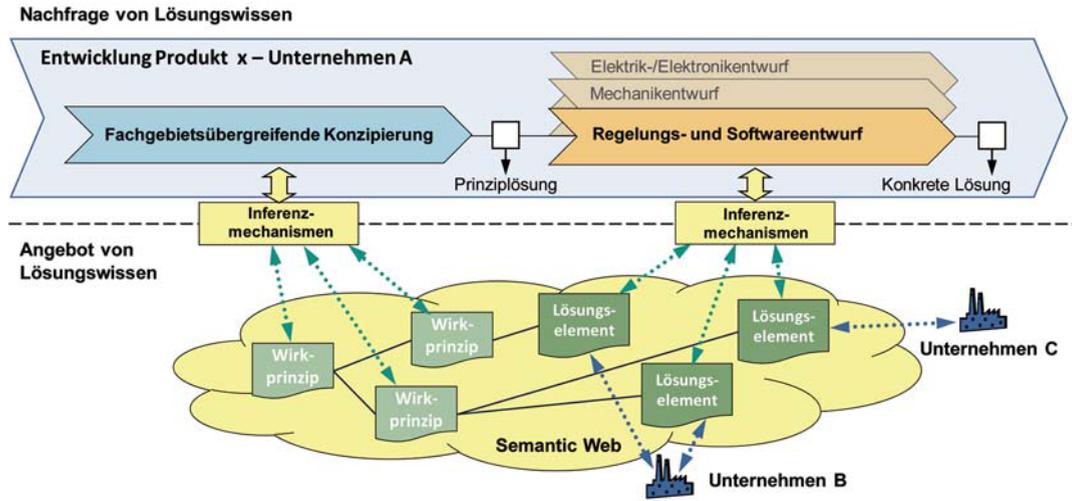
Das Forschungsprojekt wird mit ca. 560.000 Euro gefördert und vom Heinz Nixdorf Institut durch Professor Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier vertreten. Der „VPS Benchmark“ wird die Effizienz des mittelständischen Maschinenbaus nachhaltig steigern und eine erhöhte Produktzuverlässigkeit und -qualität ermöglichen.

### ENTIME – Entwurfstechnik Intelligente Mechatronik

Das Forschungsprojekt „Entwurfstechnik Intelligente Mechatronik“ (ENTIME) soll die Innovationskraft des modernen Maschinenbaus stärken, in dem zum einen eine fachgebietsübergreifende Entwurfstechnik entwickelt wird sowie zum anderen die Technologie Semantic Web für den effektiven Austausch von Lösungswissen in den Branchenwertschöpfungsketten und zur Erschließung neuer Vertriebskanäle für heimische Unternehmen genutzt wird.

Derzeit wird Lösungswissen bei der Entwicklung mechatronischer Systeme hauptsächlich in Form von Lösungselementen abgebildet. Dies sind bewährte Komponenten wie Maschinenelemente und Steuerungskomponenten, die von Zulieferern via Katalog und Internet angeboten werden. Ein wesentliches Hindernis für Innovationen ist, dass die Entwicklungsingenieure in den Unternehmen ausschließlich solche Lösungselemente nutzen, die ihnen bereits bekannt sind. Mithilfe der Techniken des Semantic Web soll in ENTIME diese Fixierung auf ausschließlich bekannte Lösungselemente aufgehoben und globales Lösungswissen für die Entwicklungsingenieure nutzbar gemacht werden. Weiterhin wird im Rahmen des Projekts eine fachgebietsübergreifende Entwurfstechnik entwickelt, die klassischen Maschinenbau, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik integriert. Dies ermöglicht auch, neuartige Lösungselemente für den Einsatz im modernen Maschinenbau zu entwerfen.

Das Projekt wird mit ca. 4,3 Mio. Euro gefördert und vom Heinz Nixdorf Institut, vertreten durch die Professoren Gausemeier, Schäfer und Trächtler, in enger Kooperation mit neun Unternehmen aus der Region durchgeführt. Es wird damit die Innovationskraft der Zukunftsbranche Maschinenbau stärken und die Erschließung neuer Vertriebskanäle für heimische Unternehmen ermöglichen.



Vorgehen beim Entwurf intelligenter mechatronischer Systeme

## Leitstand 2012 –

### Ein Werkzeug zur unternehmensübergreifenden, kostenintegrierten Produktionssteuerung in KMU-Netzwerken

Ziel des Projektes „Leitstand 2012“ ist die Entwicklung eines „Leitstandes der Zukunft“ speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Form einer serviceorientierten Produktionsplanungssoftware. Mittels eines neuartigen, unternehmensübergreifenden Servicekonzeptes und dem Einsatz innovativer I&K-Technologien, sollen messbare Mehrwerte für KMU geschaffen und Kompetenzen aufgebaut werden, um Produktionskosten zu senken und die Produktivität bei gleichen Rahmenbedingungen zu verbessern.

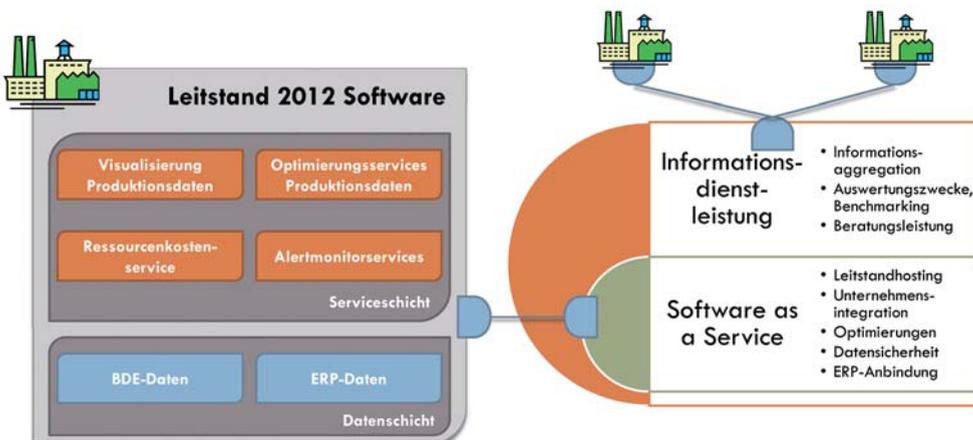
Der Leitstand 2012 verbindet dazu neue Visualisierungstechniken zur Kontrolle multidimensionaler Produktionsdaten mit den zugehörigen Kosteninformationen, um jederzeit Werterschöpfung und Verschwendung in der Produktion aufzudecken

und zu quantifizieren. Ein Dienstleistungskonzept, das durch anonymisierte Erhebung von Produktionsdaten vieler Unternehmen und ein Angebot an dedizierten, planungsorientierten IT-Services die Kompetenzen von Produktionsclustern bündelt, ergänzt das eigentliche Produkt. Durch unternehmensübergreifende Benchmarks werden Verbesserungspotentiale für einzelne Partner, aber auch für den Verbund insgesamt erschlossen.

Der Leitstand 2012 schließt somit die Lücke zwischen den wachsenden Anforderungen der KMU im Bereich der IT-gestützten Produktionsplanung und -steuerung und dem aktuellen Stand der Technik. Die wachsende Nachfrage ermöglicht die Entwicklung eines innovativen Produktes inklusive eines zukunftsweisenden Dienstleistungskonzeptes mit besten Chancen auf eine hohe Marktdurchdringung. Die Integration beider Ansätze ermöglicht in Summe eine kostengünstige und

somit für KMU attraktive Vertriebsvariante der eigentlichen Leitstandsoftware. Im Dienstleistungssektor werden Arbeitsplätze geschaffen, im Produktionsgewerbe können sie durch eine verbesserte Produktivität dauerhaft gesichert und neue Kapazitäten in NRW aufgebaut werden.

Das Projekt wird mit etwa 900.000 Euro gefördert. Vom Heinz Nixdorf Institut wird es von Prof. Wilhelm Dangelmaier, in Kooperation mit verschiedenen Produktions- und Dienstleistungsunternehmen sowie Interessensverbänden der Region Ostwestfalen-Lippe und Nordrhein-Westfalen durchgeführt.



Der Leitstand 2012 vereinigt Dienstleistungen und Services.

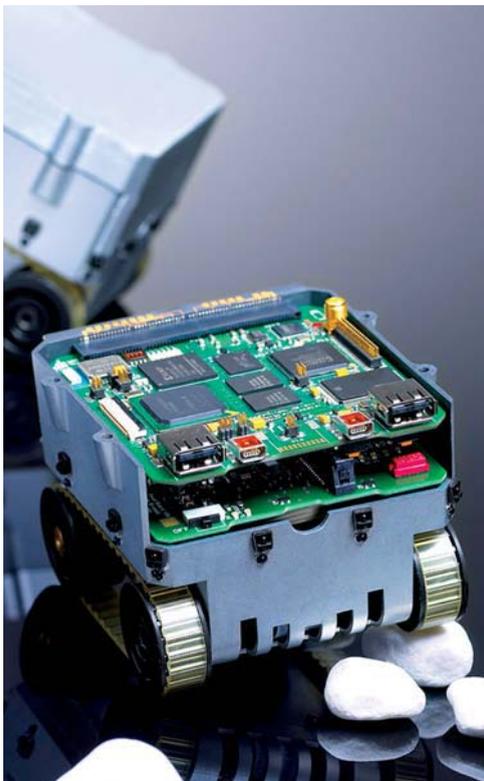
## Miniaturroboter BeBot/Robotik Telewerkbank

### Versuchsträger für intelligente Maschinen und kooperative Netzwerke

Unser Anspruch ist eine neue Schule des Entwurfs intelligenter technischer Systeme. Daher benötigen wir ein avantgardistisches Basissystem, auf dessen Grundlage sich die Applikationen von morgen entwickeln und erproben lassen. Der von uns entwickelte Miniaturroboter BeBot ist dieses Basissystem. Er ist Versuchsträger für Applikationen, die auf modernen Ansätzen wie Selbstoptimierung, Selbstorganisation und Selbstkoordination beruhen, sowie für den Einsatz von neuen Fertigungstechnologien.

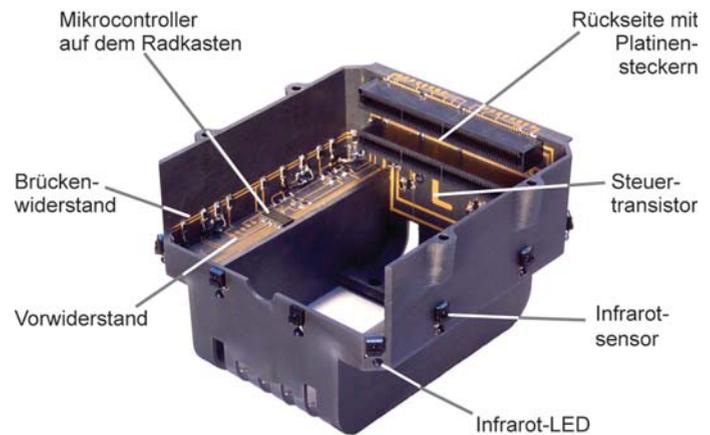
Für diese und andere Applikationen ist der Roboter mit neuesten Technologien ausgestattet: USB, WLAN und Bluetooth zur Kommunikation, eine Digitalkamera, mehrere leistungsfähige Prozessoren (bis 600 MHz), ein rekonfigurierbarer FPGA-Chip sowie 256 MB Arbeitsspeicher und 512 MB Flash-Speicher (erweiterbar auf 16 GB). Als Betriebssystem kommt Linux zum Einsatz. Eine besondere Herausforderung stellt die Entwicklung des Roboter-Gehäuses dar. Das Gehäuse ist als MID-Bauteil (Molded Interconnect Devices) realisiert. Es integriert mechanische und elektronische Komponenten. Infrarot-Sensoren erfassen 360° der Umgebung, Mikrocontroller übernehmen die Auswertung der Daten. Die Leiterbahnen zwischen den mehr als 100 Bauteilen überziehen die Innenseite des Gehäuses und bilden eine komplexe, dreidimensionale Schaltung. Das ermöglicht eine hohe Funktionsdichte und unterstützt die Miniaturisierung. Mit diesen Leistungsdaten ist der BeBot unter den Miniaturrobotern seiner Klasse führend (Größe: bis 10 cm x 10 cm x 10 cm).

Ein Anwendungsszenario des BeBot besteht darin, dass etwa 50 Roboter auf einer Fläche von 30 m<sup>2</sup> verteilte farbige



Autonomer Miniaturroboter BeBot (Basisfahrzeug)

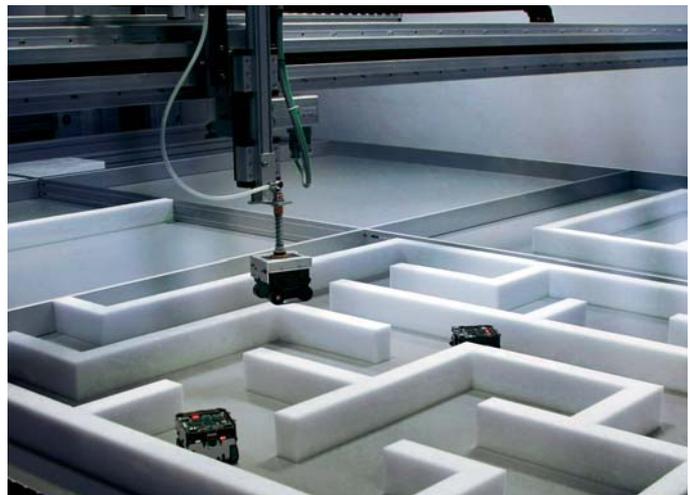
Tischtennisbälle und Duplo-Steine nach Farben sortiert einsammeln müssen. Der Clou ist, dass die Roboter verschiedene Rollen in Absprache miteinander einnehmen können. Implementiert sind diese Rollen durch ein automatisches Werkzeugwechselsystem: Ein Roboter kann entweder Schieber (für das Zusammenschieben



In MID realisierte, dreidimensionale Schaltung auf dem Gehäuse des BeBots

großflächig verteilter Bälle), Greifer oder Transporter (Ladefläche für 4 Bälle) sein.

Neben diesem sind viele weitere Multi-Roboter-Experimente mit dem BeBot möglich. Experimente mit Gruppen von bis zu 100 kooperierenden Minirobotern können auf der am Heinz Nixdorf Institut installierten, 3,6 m x 3,6 m großen Telewerkbank durchgeführt werden. Eine Video-Überwachung aller Roboter, in die auch die aufgezeichneten Sensor- und Kommunikationssignale eingebettet sind, ermöglicht die Versuchsauswertung sowohl vor Ort als auch über das Internet. Wissenschaftler können auf globaler Ebene kooperieren und gemeinsame Experimente planen, durchführen und analysieren.



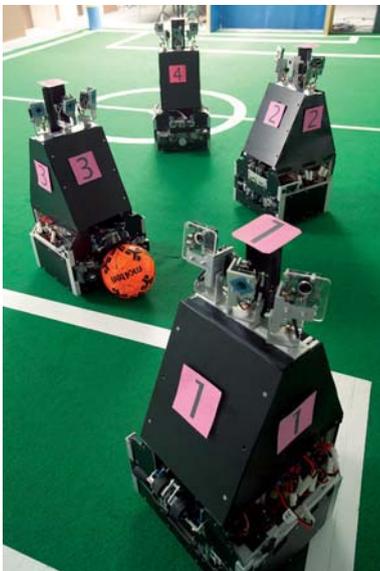
Mehrere BeBots in einem Multi-Roboter-Experiment auf der Telewerkbank. Mit Hilfe des Portalroboters und seinem mit „Unterdruck“ betriebenen Greifer (oben im Bild) lassen sich verschiedene Experimente ferngesteuert aufbauen und immer wieder exakt reproduzieren.

<http://www.hni.upb.de/schwerpunktprojekte/miniaturroboter>

## Organic Computing

Ein Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

Organic Computing ist eine anspruchsvolle Vision für zukünftige Informationsverarbeitungssysteme. Es basiert auf der Erkenntnis, dass wir bald von einer Vielzahl von autonomen Systemen umgeben sein werden, die ihre Umgebung wahrnehmen, frei kommunizieren und sich selbst organisieren, um Aktionen und Dienste bereit zu stellen. Ein „Organic Computing System“ ist ein technisches System, das dynamisch die aktuellen Bedingungen seiner Umgebung adaptiert. Es verfügt über die Eigenschaften selbstorganisierend, selbstkonfigurierend, selbstoptimierend, selbstheilend, selbstbeschützend, selbsterklärend und kontextbewusst zu sein.



Paderkicker-Fußballroboter-Team

Das Schwerpunktprogramm „Organic Computing“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) behandelt fundamentale Herausforderungen des Designs von Organic Computing Systemen; seine Zielsetzung ist ein tieferes Verständnis für die Emergenz globalen Verhaltens in selbstorganisierenden Systemen und das Design spezifischer Konzepte und Werkzeuge, um die Konstruktion von Organic Computing Systemen für technische Anwendungen zu unterstützen. Es startete in 2005 und ist inzwischen in seiner dritten Phase. Das Heinz Nixdorf Institut ist mit zwei Projekten beteiligt.

Im von Prof. Dr. Franz Rammig und Dr. Bernd Kleinjohann geleiteten Projekt „A Modular Approach for Evolving Societies of Learning Autonomous Systems“ geht es um die Entwicklung von selbstorganisierenden und selbstoptimierenden autonomen Systemen, die in Gruppen emergentes Verhalten aufweisen. Bisherige Ansätze befassen sich mit der Frage, wie einzelne Systeme Fehler behandeln und liefern erste Lösungen für individuelle Selbstadaptation. Es ist aber weiterhin eine offene Frage, wie individuelle Selbstadaptation das Verhalten und die Performanz von gesamten Gruppen beeinflusst. Wir untersuchen, wie ein System lernen kann, sich veränderlichen Umgebungen anzupassen und gleichzeitig das Verhalten der gesamten Gruppe zu berücksichtigen. Wir folgen einem modularen Ansatz, bei dem ein System ein Modell von sich selbst und seiner Umgebung einschließlich seiner Gruppenmitglieder lernt, um zu entscheiden welche Adaptions-Alternativen in spezifischen Situationen am vielversprechendsten sind. Zur Bewertung von Verhalten verfolgen wir dezentrale Bewertungs-



BeBots arbeiten als „Smart Team“ mit einem Paderkicker als selbstoptimierendes Multiagentensystem zusammen

funktionen, die auf sozio-biologischen Paradigmen wie Emotionen und Trieben beruhen. Dabei werden nicht nur das eigene Verhalten des jeweiligen Systems, sondern auch das seiner gesamten Gruppe und deren Ziele berücksichtigt. Um die Verhaltensadaptation eines Systems zu beschleunigen, kombinieren wir individuelle Exploration mit der Imitation erfolgreichen Verhaltens anderer Gruppenmitglieder. Zudem untersuchen wir, wie sich Gruppenverhalten aus derartigen Imitationsverhalten entwickelt und wie sich solch emergentes Verhalten charakterisieren lässt. Der entwickelte modulare Ansatz wird simulativ und experimentell mithilfe des Paderkicker-Fußballroboter-Teams bzw. des Miniaturroboters BeBot evaluiert.

Im von Prof. Dr. Friedhelm Meyer auf der Heide und Prof. Dr. Christian Schindelhauer (Universität Freiburg, ehem. Mitglied des Heinz Nixdorf Instituts) geleiteten Projekt „Smart Teams: Local Distributed Strategies for Self-Organizing Robotic Exploration Teams“ wollen wir die algorithmischen Grundlagen für ein Szenario legen, in dem ein Explorationsteam von Robotern (Smart Team) sich selbst organisieren muss, um Aufgaben wie die Exploration von unbekanntem Gelände und die Erledigung von Arbeiten in diesem Gelände zu erfüllen. Die Arbeit eines solchen Smart Teams muss von speziellen Strategien gelenkt sein, sowohl zur Exploration, als auch zur Auffindung wichtiger Objekte und zur Zuweisung von solchen Objekten zu Subgruppen von Robotern, die gemeinsam die Fähigkeiten haben dieses Objekt zu bearbeiten. Dass alle diese Aufgaben lokal, durch verteilte Strategien ausgeführt werden müssen, die auf einem mobilen Netzwerk von sich bewegenden Robotern agieren und die in einer robusten, effektiven Selbstorganisation des Teams resultieren muss, macht die zentrale Herausforderung dieses Projektes aus. Keiner dieser Roboter wird je mehr als ein sehr eingeschränktes, lokales Wissen über den globalen Zustand des Systems haben. Ihre Entscheidungen basieren lediglich auf ihren eigenen Beobachtungen und Entdeckungen, aus denen ein global gutes Verhalten des gesamten Teams resultieren muss. Dabei gilt es neben der Explorationsqualität, der kontinuierlichen Sicherstellung von Kommunikationskonnektivität und einer geschickten Aufgabenzuweisung auch den Energiebedarf der einzelnen Roboter zu berücksichtigen. Wir messen die Qualität dieser Strategien sowohl theoretisch, mit kompetitiver Analyse, als auch experimentell mit Hilfe unserer Simulationsplattform.

## Kompetenzzentrum Virtual Prototyping und Simulation – ViProSim

Virtual Prototyping und Simulation (VPS) ist heute fester Bestandteil des Produktentstehungsprozesses. Beim Virtual Prototyping wird ein digitales Modell von dem in Entwicklung befindlichen Objekt gebildet und anschließend wie ein realer Prototyp analysiert. Auf diese Weise können schon in frühen Phasen der Produktentwicklung Fehler erkannt und unterschiedliche Varianten eines Produktes virtuell erstellt und untersucht werden, ohne dass ein realer Prototyp gebaut werden muss. Das reduziert Zeit und Kosten in der Produktentwicklung und erhöht die Qualität des Produktes.

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Virtual Prototyping und Simulation (früher: VisSim) entwickeln Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts und der Universität Paderborn gemeinsam neue VPS-Methoden und Werkzeuge. Zur Unterstützung dieser Forschungsaktivitäten wurde am Heinz Nixdorf Institut das HD-Visualisierungszentrum eingerichtet.

### Neue Infrastruktur für die Visualisierung

Das HD-Visualisierungszentrum umfasst eine hochauflösende Großprojektion mit insgesamt vier – teils schwenkbaren – Projektionsflächen und über neun Metern Gesamtbreite. Die Bewegungen des Anwenders vor dem Projektionssystem werden über ein optisches Trackingsystem dreidimensional im Raum erfaßt, wodurch eine einfache und intuitive Navigation



HD-Projektionssystem im Visualisierungszentrum des HNI

durch den virtuellen Raum möglich wird. Über eine zentrale Mediensteuerung werden fünf leistungsstarke PCs und 14 Hochleistungsprojektoren angesteuert, welche stereoskopische Bilder mit einer Gesamtauflösung von über 2x20 Mio. Bildpunkten projizieren. Im Vergleich dazu bringt es ein HDTV-Fernseher gerade mal auf ein Zehntel der Auflösung. Die hohe Auflösung ermöglicht eine Darstellung auch feinsten Details und geht hinsichtlich der Brillanz und Darstellungsqualität weit über den bisherigen Stand der Technik hinaus.

Das HD-Visualisierungszentrum steht Anwendern aus Forschung und Praxis zur Verfügung. Die folgenden Anwendungen verdeutlichen die Möglichkeiten dieser Technologie.

### Analyse von Fertigungsprozessen mit d3FACT insight

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Projekt d3FACT insight der Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insbes. CIM und der Fachgruppe Algorithmen und Komplexität bietet eine interaktive 3D-Analyse paralleler Ablaufsimulationen von Fertigungsprozessen und koppelt verteilte Simulationen mit einer verteilten 3D-Visualisierung. Um den Einfluss zufallsverteilter Modellvariablen auf das Verhalten des abgebildeten Fertigungssystems zu erkennen, wird eine große Zahl von Simulationen des gleichen Simulationsexperimentes parallel ausgeführt. d3FACT insight aggregiert die Simulationenläufe und stellt die Ergebnisse in einer 3D-Visualisierung dar, damit der Anwender Unterschiede erkennen und bewerten kann.

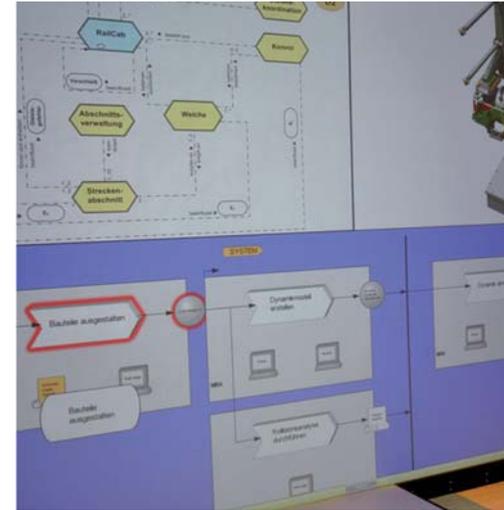
d3FACT insight ist besonders wirkungsvoll im Einsatz auf der Großprojektion, da diese eine sehr realistische stereoskopische Darstellung der simulierten Fertigungsprozesse ermöglicht. Die aggregierten Simulationenläufe benötigen aufwendige, detailreiche Visualisierungen, um Unterschiede zwischen den einzelnen Simulationenläufen aufzuzeigen. Die Ausmaße des Projektionssystems erlauben eine virtuelle 1:1-Darstellung selbst großflächiger Produktionsanlagen.

### Visualisierung hochkomplexer Entwicklungsprozesse

Im Rahmen des SFB 614 entwickelte die Fachgruppe Produktentstehung eine Visualisierung der hochkomplexen Entwicklungsprozesse für den Entwurf selbstoptimierender mechatronischer Systeme. Am Beispiel der Entwicklung des RailCab wurde der gesamte Entwicklungsprozess, zerlegt in 850 Arbeitsschritte, auf der gesamten Breite der Projektionswände visualisiert. Der Ingenieur navigiert intuitiv durch den komplexen Prozess und kann jederzeit Informationen zu den einzelnen Arbeitsschritten abrufen. Aufgrund der hohen Auflösung und Darstellungsqualität des Projektionssystems geht selbst bei komplexen Entwicklungsprozessen nie die Übersicht verloren.

### Visualisierung massiv komplexer Datensätze

Die Fachgruppe Algorithmen und Komplexität betreibt Grundlagenforschung im Bereich Visualisierung massiv komplexer Datensätze und entwickelt Verfahren und Algorithmen zur Darstellung großer Datenmengen in Echtzeit. Auf der Grundlage dieser Algorithmen wurde im vergangenen Jahr ein interaktives

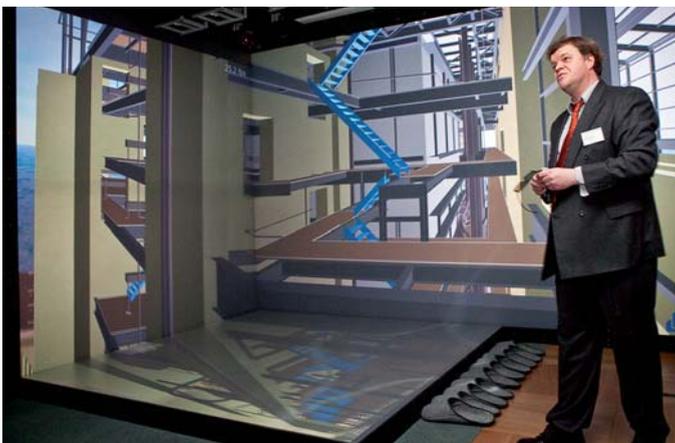


Visualisierung hochkomplexer Entwicklungsprozesse am Arbeitsschritte



am Beispiel des RailCabs, zerlegt in 850

Werkzeug zur stereoskopischen Visualisierung auf der Großprojektion im HD-Visualisierungscenter eingerichtet. Am Beispiel des komplexen 3D-Modells eines Kohlekraftwerkes kann detailliert die Funktionsweise der eingesetzten Verfahren visualisiert und analysiert werden. Die hohe Auflösung und die Größe der Projektion in Kombination mit der stereoskopischen Darstellung unterstützen die Analyse der eingesetzten Verfahren und erleichtern das Verständnis der komplexen geometrischen Zusammenhänge.



Interaktive dreidimensionale Darstellung des komplexen Datensatzes eines Kohlekraftwerkes

### Virtual Prototyping von innovativen Scheinwerfersystemen

Der von der Fachgruppe Produktentstehung entwickelte Nachtfahrsimulator „Virtual Night Drive“ für das Prototyping innovativer Scheinwerfersysteme ermöglicht eine qualitativ hochwertige Simulation der Ausleuchtung des Straßenraums vor dem Fahrzeug. Während der virtuellen Fahrt werden die Fahrzeugbewegungen auf den Fahrersitz im Simulator übertragen. Dieses haptische Feedback macht die Simulation für den Anwender noch realistischer und aussagekräftiger. Das System bildet die Grundlage für die Erprobung und Analyse von Steuerungsalgorithmen für schwenkbare Scheinwerfer, welche z.B. für dynamisches Kurvenlicht oder eine adaptive Leuchtweitenregelung eingesetzt werden. So können Blendsituationen realitätsnah wiedergegeben werden, um z.B. Scheinwerfer für blendfreies Fahren oder zur kollektiven Ausleuchtung des Straßenraumes einzusetzen.



Virtual Prototyping von innovativen Scheinwerfersystemen

Für eine optimale Auslegung dieser Steuerungsalgorithmen bildet der Nachtfahrsimulator in Kombination mit der Großprojektion so ein leistungsfähiges Werkzeug, das qualitativ hochwertige und aussagekräftige Resultate für die weitere Forschung liefert.

### Zentrum für Fahrsimulation

Die Arbeiten zur Virtual Prototyping Plattform bilden die Basis für die Einrichtung eines Zentrums für Fahrsimulation. Die Virtual Prototyping Plattform wird ergänzt durch einen Fahrsimulator mit integrierter Bewegungsplattform. Der Fahrsimulator ermöglicht die frühzeitige, realitätsnahe Analyse von innovativen Fahrzeugsystemen und -komponenten wie Fahrerassistenz- und Beleuchtungssystemen oder Achs- und Fahrwerkskonzepten. Das Heinz Nixdorf Institut entwickelt Hard- und Softwareschnittstellen, die eine schnelle, flexible Integration verschiedenster Fahrzeugkomponenten an den Fahrsimulator ermöglichen. Die Hardware-in-the-Loop Simulation ermöglicht den gemeinsamen Test von realen und simulierten Fahrzeugkomponenten. Neben der Produktentwicklung kann das System in Marketing und Vertrieb sowie in der Aus- und Weiterbildung eingesetzt werden.

Die vorhandene Virtual Prototyping Plattform wird in den nächsten Monaten zu einer interaktiven Fahrsimulation mit integrierter Bewegungsplattform weiterentwickelt. Sie bildet die Basis für das Paderborner Zentrum für Fahrsimulation.



ATMOS-Fahrsimulator für die Analyse von Fahrerassistenzsystemen

## Internet-basierte Informations- und Vermittlungsdienste

Produktinnovationen und ggf. damit verbundene Dienstleistungen sind für viele Unternehmen der wesentliche Hebel für nachhaltigen Erfolg. Dies gilt insbesondere für den Maschinenbau und damit verwandte Branchen wie die Automobilindustrie, die Elektroindustrie und die Medizintechnik. Die Erzeugnisse dieser Branchen zeichnen sich durch ein enges Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik und Softwaretechnik aus; das Schlagwort Mechatronik drückt dies aus.

Auf dem Weg zu den Produkten von morgen kommt es darauf an, die richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt zu haben und adäquate Instrumente zur Planung und Entwicklung der Produkte einzusetzen. Es herrscht offensichtlich kein Mangel an Informationen und Instrumenten, um innovative Produkte hervorzubringen. Es mangelt insbesondere in den vorwiegend mittelständisch geprägten Unternehmen an Wissen über die Möglichkeiten von heute und morgen, neue Produkte schnell und sicher zu entwickeln und in den Markt zu bringen. Um hier Abhilfe zu schaffen, betreiben wir zusammen mit Partnern fünf Fachportale:

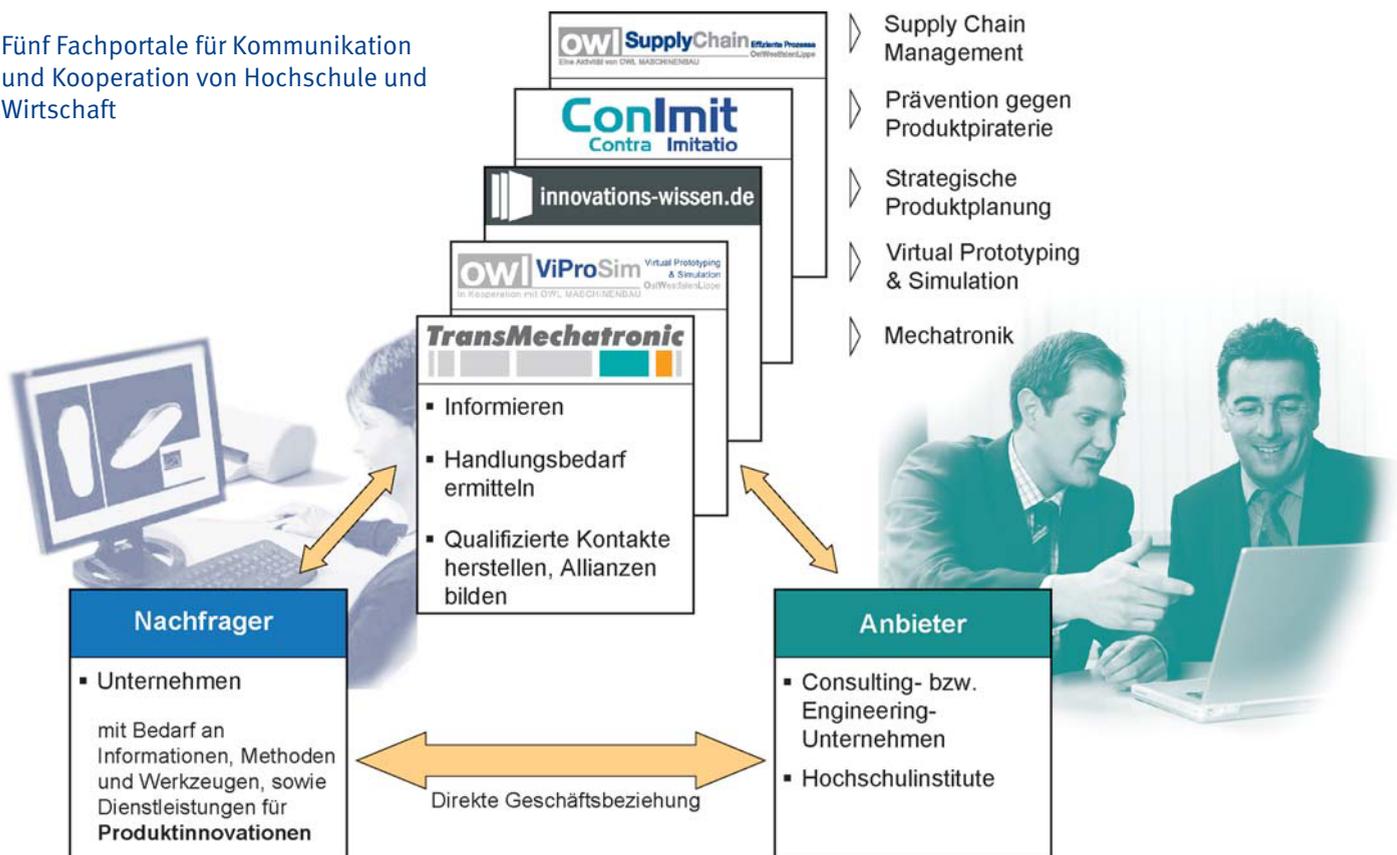
- **Conlmit.de** mit Informationen zum Thema Produktpiraterie und Schutzmaßnahmen gegen den Nachbau von Produkten (Projekträger: Forschungszentrum Karlsruhe PTKA).
- **innovations-wissen.de** für die strategische Produkt- und Technologieplanung.

- **ViProSim.de** mit Informationen zum Thema Virtual Prototyping und Simulation. Ein wesentliches Ziel ist die Vernetzung von Hochschulen und Wirtschaft der Region Ost-Westfalen-Lippe (OWL).
- **TransMechatronic.de** mit Wissenswerten zum Gebiet Mechatronik (Projekträger: Forschungszentrum Karlsruhe PTKA)
- **OWL-SupplyChain.de** mit praxiserprobten Konzepten und wissenschaftlich fundierten Ansätzen zum Thema Supply Chain Management.

Die Funktionalität dieser Fachportale gliedert sich prinzipiell in drei Bereiche:

- Informieren rund um das Thema.
- Ermitteln des Handlungsbedarfs und damit verbunden auch das Nennen der geeigneten Methoden und Werkzeuge.
- Herstellen von qualifizierten Kontakten zwischen Nachfragern und Anbietern entsprechender Dienstleistungen (Methodenanwendung, Engineering, Aus- und Weiterbildung etc.).

### Fünf Fachportale für Kommunikation und Kooperation von Hochschule und Wirtschaft



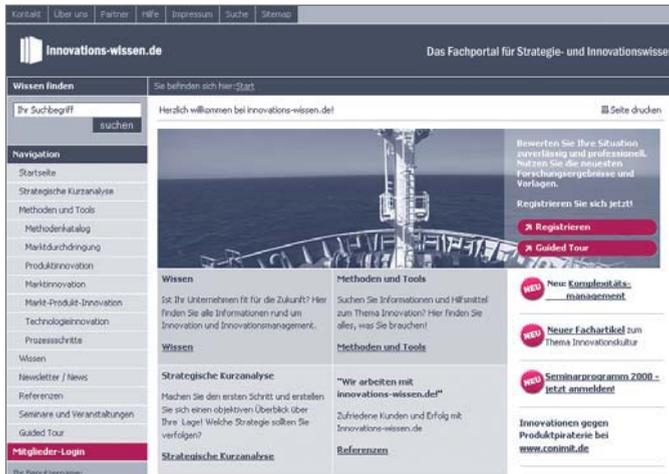
Das Heinz Nixdorf Institut betreibt in Kooperation mit Partnern fünf Internet-Portale für Produktinnovationen — Ziele: Informieren sowie Kontakte zwischen Anbietern und Nachfragern von Dienstleistungen herstellen.

Die Forschungsprojekte der BMBF-Bekanntmachung „Innovationen gegen Produktpiraterie“ leisten einen Beitrag für einen wirksamen Schutz produzierender Unternehmen vor Produktpiraterie. Als Begleitmaßnahme unterstützt **Conimit** den Transfer der Forschungsergebnisse in die nicht geförderte Industrie, wodurch die Wirkung der Projekte erhöht wird. Ziel ist der Aufbau eines Netzwerkes von Wissensträgern, welche betroffene und gefährdete Unternehmen bei der Realisierung von individuellen Schutzkonzeptionen gegen Produktpiraterie unterstützen. Hierzu bietet die Plattform [www.conimit.de](http://www.conimit.de) u.a. eine Bedarfsanalyse und eine Datenbank mit Schutzmaßnahmen und Fachexperten.



Die Startseite des Fachportals [www.conimit.de](http://www.conimit.de)

Mehr denn je kommt es insbesondere in den Unternehmen des Maschinenbaus und verwandter Branchen auf Strategiekompetenz an. Es fehlen Informationen über die geeigneten Methoden und Werkzeuge sowie deren Anwendung. Hier hilft das Fachportal [www.innovations-wissen.de](http://www.innovations-wissen.de) weiter; es liefert dem Praktiker Informationen und konkrete Hilfe für die strategische Planung der Produkte und Produktionssysteme für die Märkte von morgen.



Die Startseite des Fachportals [www.innovationswissen.de](http://www.innovationswissen.de)

**Virtual Prototyping und Simulation (VPS)** verkürzt den Produktentstehungsprozess und steigert die Qualität der Erzeugnisse. Digitale Modelle von in Entwicklung befindlichen Produkten werden gebildet und analysiert. Somit kann auf den zeit- und kostenintensiven Bau realer Prototypen weitgehend verzichtet werden. Dabei kommt es darauf an, Einsatzpotentiale für VPS-Methoden zu erkennen und konsequent zu nutzen. ViProSim unterstützt dies u.a. durch die Initialberatung „VPS-QuickCheck“ und die qualifizierte Vermittlung von Kontakten. Ferner stellt das Portal Wissen über VPS-Methoden und Werkzeuge bereit.



Die Startseite des Fachportals [www.viprosim.de](http://www.viprosim.de)

Das Fachportal **TransMechatronic** informiert grundlegend über Mechatronik und über durchgeführte und aktuelle Verbundprojekte im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms „Forschung für die Produktion von morgen“. In hochwertigen Fachbeiträgen werden ausgewählte Themen vertieft und regelmäßig aktualisiert.



Die Startseite des Fachportals [www.transmechatronic.de](http://www.transmechatronic.de)

Das Fachportal [www.owl-supplychain.de](http://www.owl-supplychain.de) stellt praxiserprobte Konzepte von Best-Practice-Partnern bereit sowie Methoden für das SupplyChain Management, die in Verbundprojekten mit der Wissenschaft entwickelt wurden.

## Engagement in der Nachwuchsförderung

Das Heinz Nixdorf Institut engagiert sich intensiv in der Lehre und Ausbildung von Studierenden und Doktoranden/innen mit dem Ziel, ihnen die erforderliche Voraussetzung für die Gestaltung der Zukunft zu vermitteln. Das besondere Merkmal des Heinz Nixdorf Instituts ist das enge Zusammenwirken von Informatik, Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften, wobei auch Aspekte der Sozial- und Kulturwissenschaften mit einfließen. 2009 haben 134 Studierende bei uns die Diplomarbeit erstellt und 19 besonders begabte Absolventinnen und Absolventen promoviert.

Das Engagement in der Nachwuchsförderung kommt insbesondere auch durch das Graduiertenkolleg und die maßgebende Beteiligung des Heinz Nixdorf Instituts an der ersten International Graduate School der Universität Paderborn zum Ausdruck.

### Graduiertenkolleg

Das Heinz Nixdorf Institut betreibt seit 1992 Graduiertenkollegs mit dem Ziel, besonders qualifizierten Graduierten eine Lern- und Forschungsumgebung zu bieten, die ihnen eine Promotion in einer Zeit von zwei bis drei Jahren ermöglicht. 2002 nahm das zweite Graduiertenkolleg „Automatische Konfiguration in offenen Systemen“ unter der Leitung von Prof. Rückert seine Arbeit auf. Nach einer Startfinanzierung durch die DFG wird das Graduiertenkolleg nunmehr vom Heinz Nixdorf Institut selbst getragen. Derzeit forschen unsere Stipendiaten in enger Zusammenarbeit in den Schwerpunktprojekten unseres Forschungsprogramms. Die interdisziplinäre Arbeit im Graduiertenkolleg bietet einen erheblichen Vorteil für die Graduierten und erhöht die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit wesentlich.

### International Graduate School

Die im Herbst 2001 gegründete International Graduate School „Dynamic Intelligent Systems“ ist eine von sieben vom Land Nordrhein-Westfalen geförderten Einrichtungen zur Förderung von Spitzennachwuchs in technisch-naturwissenschaftlichen Bereichen. Hochqualifizierte Absolventen/innen können im Rahmen eines Promotionsstudiengangs innerhalb von drei Jahren zielgerichtet promovieren. Im Rahmen dieses NRW-Programms ist die International Graduate School die einzige Einrichtung im Bereich der anwendungsorientierten Informatik. Interdisziplinarität, Internationalität und Exzellenz sind die Markenzeichen der von Prof. Schäfer wissenschaftlich geleiteten Institution. Forschungsschwerpunkt der englischsprachigen Einrichtung ist die Weiterentwicklung dynamisch vernetzter Systeme. Solche Systeme sind gekennzeichnet durch den Austausch bzw. die Modifikation von Software und Hardware während ihrer Betriebsphase. In den Projekten werden Lösungen für ihre ausfallsichere Realisierung erarbeitet. Die Professoren aus dem Heinz Nixdorf Institut und weitere sieben Professoren der Universität Paderborn betreuten im Berichtsjahr insgesamt 49 Studierende aus elf Ländern. Bisher wurden 53 Promotionen erfolgreich abgeschlossen, neun davon in 2009. Eine Evaluation des Internationalen Promotionsprogramms (IPP) vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ergab, dass die Graduate School Best Practice in den Bereichen Interdisziplinarität, Unternehmenskooperation und Verstetigung ist. Kooperationspartner sind zur Zeit Daimler, dSpace, Freudenberg, Initplan, Keiper, Knorr Bremse, Luftansa und Wincor Nixdorf sowie die Dr. Arnold Hueck-Stiftung und die Fraunhofer Gesellschaft.



Heinz Nixdorf Institut: <http://www.hni.upb.de>

Graduiertenkolleg: <http://www.hni.upb.de/gk>

Int. Graduate School: <http://www.upb.de/graduateschool>

### Vorbereitung auf eine Hochschulkarriere

Im Heinz Nixdorf Institut fördern wir nachdrücklich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die eine Hochschulkarriere anstreben. 28 unserer Absolventen haben bereits Professuren. Zur Zeit arbeiten bei uns 1 Juniorprofessor und 4 Habilitanden.

**Dr.-Ing. Jan Berssenbrügge** ist Habilitand in der Fachgruppe Produktentstehung (Prof. Gausemeier). Er promovierte 2005 am Heinz Nixdorf Institut mit dem Thema „Virtual Nightdrive – Ein Verfahren zur Darstellung der komplexen Lichtverteilungen moderner Scheinwerfersysteme im Rahmen einer virtuellen Nachtfahrt“. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen Methoden und Konzepte zur Visualisierung und Simulation von Produkteigenschaften für den Bereich Virtual Prototyping.

**Dr. rer. pol. Christoph Laroque** ist Habilitand in der Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM (Prof. Dangelmaier). Die digitale Planung, kontinuierliche Entwicklung und aufgabenspezifische Steuerung von Produktions- und Logistikprozessen sind Kern seiner Lehr- und Forschungsaktivitäten. Methodisch bildet der integrierte Einsatz und die Weiterentwicklung der diskreten, ereignisgesteuerten Materialflusssimulation einen Fokus innerhalb der genannten Anwendungsfelder. Zweites Standbein sind Verfahren zur ressourceneffizienten und nachhaltigen Ablauforganisation und -steuerung („Lean & Green“).

**Dr.-Ing. Mario Pormann** leitet als Akademischer Oberrat den Forschungsbereich Mediatronik in der Fachgruppe Schaltungstechnik (Prof. Rückert) des Heinz Nixdorf Instituts. Seine aktuellen Forschungsinteressen konzentrieren sich auf die Entwicklung und Analyse dynamisch rekonfigurierbarer mikroelektronischer Systeme. Diese Systeme sind in der Lage, ihre Architektur im Betrieb flexibel an wechselnde Anforderungen anzupassen.

**Dr.-Ing. Rafael Radkowski** ist Habilitand auf dem Gebiet Virtual Prototyping in der Fachgruppe Produktentstehung (Prof. Gausemeier). Sein Forschungsschwerpunkt ist die interaktive visuelle Analyse virtueller Prototypen mit den Technologien Virtual Reality und Augmented Reality. Ziel ist, die Analyse und Bewertung komplexer technischer Systeme zu verbessern.

**Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Patrick Briest** ist Juniorprofessor in der Fachgruppe Algorithmen und Komplexität (Prof. Meyer auf der Heide). In Forschung und Lehre beschäftigt er sich mit algorithmischen Aspekten großer verteilter Systeme – wie etwa dem Internet – in denen autonome Komponenten miteinander agieren, wobei unter anderem Methoden aus der mathematischen Spieltheorie zur Analyse eingesetzt werden.



Das Heinz Nixdorf Institut hat die Kompetenz und die Infrastruktur, jungen Menschen eine Berufsausbildung zu ermöglichen. Wir engagieren uns hier seit Jahren; wir bilden Fachinformatiker/innen Fachrichtung Systemintegration und Elektroniker/innen für Geräte und Systeme aus. Im Moment werden neun Auszubildende auf ihr Berufsleben vorbereitet. Jedes Jahr nehmen wir in der Regel drei Auszubildende auf.



## Berufsausbildung am Heinz Nixdorf Institut



### **Fachinformatiker, Fachrichtung Systemintegration:**

Fachinformatiker/innen beherrschen technische und kaufmännische Grundlagen gleichermaßen. Sie setzen die fachlichen Anforderungen und Bedürfnisse der Benutzer in Hard- und Software um. Außerdem stehen sie für fachliche Beratung und Betreuung der Benutzer zur Verfügung. Der Alltag unserer Auszubildenden umfasst zum Beispiel das Konzipieren und Realisieren von komplexen IT-Systemen durch Softwarekomponenten sowie das Installieren und Konfigurieren vernetzter IT-Systeme.

Die Berufsausbildung dauert 3 Jahre und schließt mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer (IHK) ab.

### **Elektroniker für Geräte und Systeme:**

Elektroniker/innen für Geräte und Systeme fertigen Komponenten und Geräte, z.B. für die Informations- und Kommunikationstechnik. Sie nehmen Systeme und Geräte in Betrieb und halten sie instand. Aber auch IT-Kompetenzen, wie das Installieren und Konfigurieren von IT-Systemen oder der Einsatz entsprechender Software werden in diesem Beruf gefordert. Im Berufsleben arbeiten sie in der Fertigung, in der Prüfung und Qualitätssicherung, in der Reparatur und Wartung, unter Umständen auch in Entwicklungsabteilungen.

Die Berufsausbildung dauert 3,5 Jahre und schließt mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer (IHK) ab.

## Was ist aus unseren Absolventen/innen geworden?

Wir vermitteln unseren Absolventinnen und Absolventen nicht nur eine wissenschaftliche Qualifikation, sondern bereiten sie auch auf Führungsaufgaben in der Wirtschaft bzw. im wissenschaftlichen Umfeld vor. Die folgenden Beispiele zeigen, wo unsere Alumnis heute arbeiten.

### Dr. rer. nat. Tamás Lukovszki



#### Universität

Eötvös Loránd Universität in Budapest, Ungarn

Tamás Lukovszki ist Associate Professor an der Fakultät der Informatik, Eötvös Loránd Universität in Budapest, Ungarn. Seine Forschungsschwerpunkte sind Computernetzwerke, Analyse dynamischer Netzwerke.

Promotion 1999  
bei Prof. Meyer auf der Heide

### Dr.-Ing. Ursula Frank



#### Unternehmen

Beckhoff Automation GmbH

Ursula Frank ist Projektmanagerin für Forschungs- und Entwicklungsprojekte bei der Beckhoff Automation GmbH in Verl. Schwerpunkt ihrer Tätigkeit ist die Betreuung der Forschungsprojekte im akademischen Umfeld.

Promotion 2005  
bei Prof. Gausemeier

### Dr.-Ing. Guido Stollt



#### Unternehmen

Smart Mechatronics GmbH

Guido Stollt ist Geschäftsführer und Gesellschafter der Smart Mechatronics GmbH. Er ist verantwortlich für die Gestaltung und den Vertrieb des Leistungsangebots rund um die Entwicklung mechatronischer und eingebetteter Systeme.

Promotion 2008  
bei Prof. Gausemeier

### Dr. rer. pol. Thorsten Timm



#### Unternehmen

Roland Berger Strategy Consultants

Thorsten Timm ist Berater bei Roland Berger Strategy Consultants. Er unterstützt im Competence Center Operations Strategy Unternehmen bei der Optimierung von Produktions- und Logistiksystemen. Sein Fokus liegt u.a. auf der Automobilindustrie.

Promotion 2008  
bei Prof. Dangelmaier

### Prof. Dr. Ulf Witkowski



#### Universität

Fachhochschule Südwestfalen

Ulf Witkowski ist Professor für Schaltungstechnik und Industrieelektronik im Fachbereich Elektrische Energietechnik der Fachhochschule Südwestfalen am Standort Soest. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Entwicklung mobiler, drahtlos gekoppelter eingebetteter Systeme.

Promotion 2003  
bei Prof. Rückert

### Dr.-Ing. Ute Brüseke



#### Unternehmen

Benteler Stahl/Rohr GmbH

Ute Brüseke ist Projektleiterin bei der Benteler Stahl/Rohr GmbH. Sie ist im Bereich der Prozessoptimierung/Lean Management tätig.

Promotion 2008  
bei Prof. Gausemeier

# Portrait der Fachgruppen

## Portrait der Fachgruppen



### Fachgruppen des Instituts

**Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM**

**In Deutschland auch morgen wirtschaftlich produzieren**

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

**Produktentstehung**

**Erfolgspotentiale der Zukunft erkennen und erschließen**

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

**Informatik und Gesellschaft**

**Verteilte Wissensorganisation – Transdisziplinarität auf dem Vormarsch**

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

**Algorithmen und Komplexität**

**Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

# Portrait der Fachgruppen

## Portrait der Fachgruppen



**Entwurf Paralleler Systeme**

**Verteilte Eingebettete Realzeitsysteme werden beherrschbar**

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

**Schaltungstechnik**

**Mikroelektronik als Schlüsseltechnologie und Herausforderung**

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert

**Regelungstechnik und Mechatronik**

**Modellbasierter Entwurf und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme**

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

**Paralleles Rechnen**

**Neue Dimensionen durch effiziente Nutzung paralleler und verteilter Systeme**

Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien

**Softwaretechnik**

**Prozesse, Methoden, Techniken und Werkzeuge für den Software-Lebenszyklus**

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

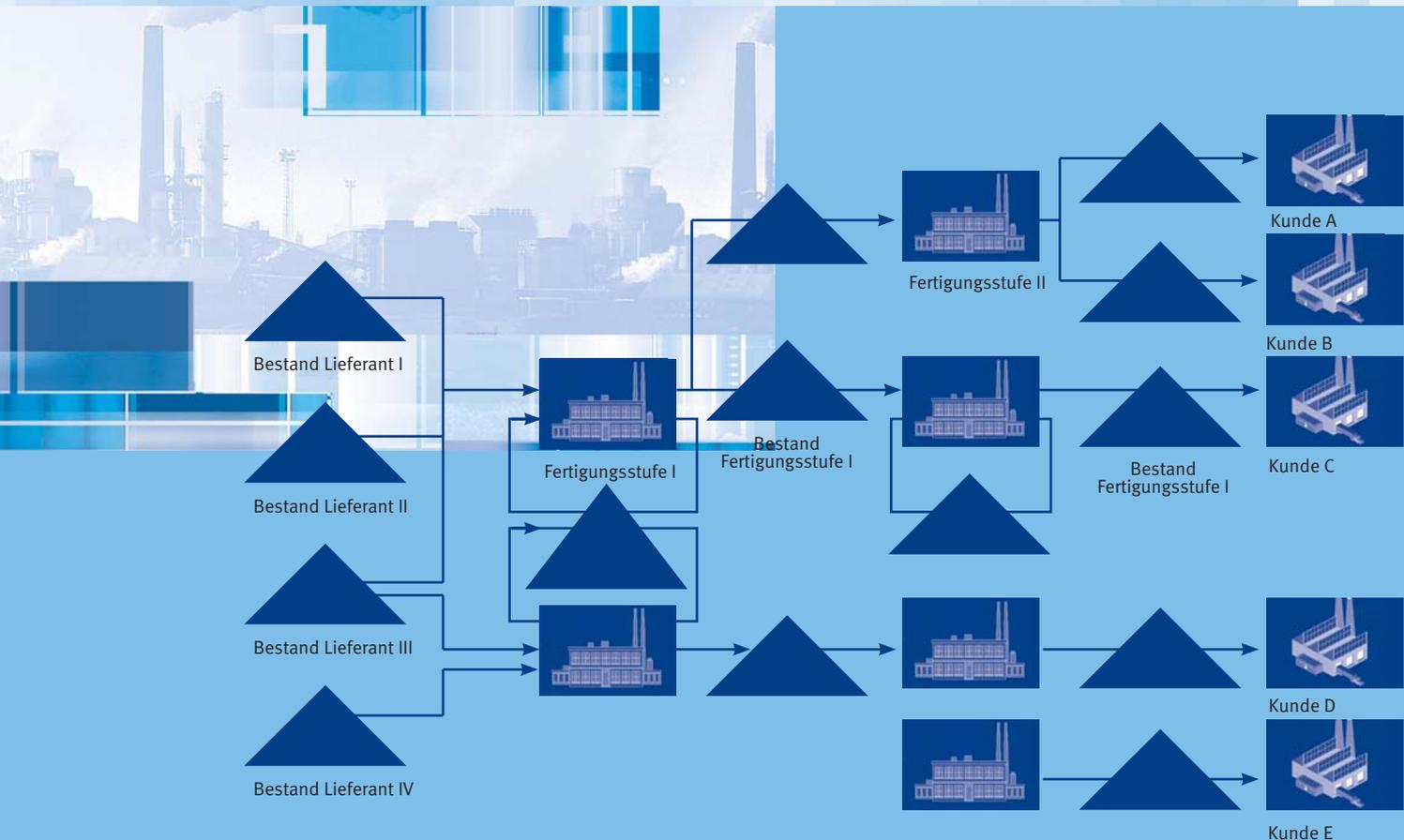
**Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**

**Nachdenken über Wissenschaft und Technik**

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

**assoziierte  
Fachgruppen**

# Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM



## In Deutschland auch morgen wirtschaftlich produzieren

Prof. Dr.-Ing. habil Wilhelm Dangelmaier

Mit unseren Arbeiten wollen wir die Wettbewerbsposition eines Unternehmens stärken und langfristig sichern. Lieferfähigkeit und Liefertreue sind hier immer wichtigere Faktoren. Die Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM befasst sich daher mit allen technisch-betriebswirtschaftlichen Problemstellungen, die bei der Gestaltung von Produktionsnetzwerken und der Durchführung von inner- und überbetrieblichen Produktions- und Logistikprozessen auftreten.

**Produktions und Logistiksysteme für die Anforderungen von morgen**

Im weltweiten Kampf um Marktanteile besteht die Strategie der meisten deutschen Unternehmen darin, sich von den Wettbewerbern durch ein individuell auf den Kunden abgestimmtes Produkt- und Dienstleistungsangebot abzuheben. Für den Kunden liegt der Vorteil auf der Hand, wenn sich Ware und/oder Dienstleistung hinsichtlich Preis, Qualität und Lieferzeit von Standardangeboten nicht oder nur positiv unterscheiden. Für die Logistik besteht dann die Herausforderung darin, höchst gegensätzliche Ansprüche an den Leistungserstellungsprozess miteinander zu verbinden. Die Erhöhung der Logistikkosten ist dabei kein Ansatz, auch wenn jede Leistungseinheit einzeln definiert, produziert, verpackt, bereitgestellt und transportiert werden muss. Also kann es nur darum gehen, alle Ressourcen noch effizienter und intelligenter einzusetzen. Hier setzen unsere Werkzeuge an.

Optimierung und Anpassung an veränderte Marktbedürfnisse sind in Zeithorizonten zu bewältigen, die eine zeitnahe Prognose der zukünftigen Entwicklungen immer wichtiger machen. Wir arbeiten daher insbesondere an kollaborativ ausgelegten, kausalen Prognoseverfahren, um Reserven an Material und Betriebsmitteln zur Gewährleistung vereinbarter Lieferzeiten optimal platzieren und dimensionieren zu können. Für die Optimierung selbst entwickeln wir verteilte Systeme miteinander kooperierender Agenten, deren Regeln für die Planung

und Steuerung direkt am Produktionsprozess überprüft und verbessert werden. In dieser Überprüfung messen wir den Menschen eine besondere Rolle zu. Deshalb ist die Entwicklung von mehrbenutzerfähigen Simulationswerkzeugen, in denen die Simulierenden selbst Teil des zu simulierenden Systems sind, ein weiterer Schwerpunkt unserer Arbeit.

Diese Verfahrensbausteine werden zu einem Entscheidungsunterstützungssystem für das Event-Management in Produktionsnetzwerken zusammengeführt. Produktionsnetzwerke folgen unterschiedlichen Zielsetzungen wie der Maximierung der Kundenzufriedenheit oder der Minimierung der Anpassungskosten oder der Lieferzeit. Diese Ziele sind geeignet zu priorisieren, Strategien zu ihrer Erreichung zu erarbeiten und die einzelnen Arbeitssysteme eines hierarchisch gegliederten Produktionsnetzwerkes mit entsprechender Anpassungsintelligenz auszustatten. In dieser Anpassung berücksichtigen wir die jeweils begrenzt zur Verfügung stehenden finanziellen und sachlichen Mittel. Lieferbeziehungen können auch in eigenem Interesse nicht beliebig flexibilisiert und Maschinen nur begrenzt aufgerüstet werden. Investitionen, die heute an einem Standort getätigt werden, fehlen morgen für die Eröffnung oder den Zukauf eines Werkes an einem anderen Standort oder für die Markterschließung in einer anderen Region.



Helmke, S., Dangelmaier, W., Uebel, M.: Effektives Customer Relationship Management. 4. Auflage, Wiesbaden: Gabler 2008.



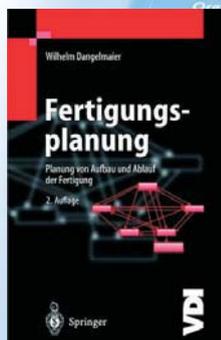
Busch, A.; Dangelmaier, W.: Integriertes Supply Chain Management. Wiesbaden: Gabler 2004.



Dangelmaier, W.; Warnecke, H.-J.: Fertigungslenkung. Planung und Steuerung des Ablaufs der diskreten Fertigung. Berlin: Springer Verlag 1997.



Dangelmaier, W.: Theorie der Produktionsplanung und -steuerung. Im Sommer keine Kirschrainlinien. Berlin: Springer 2009.

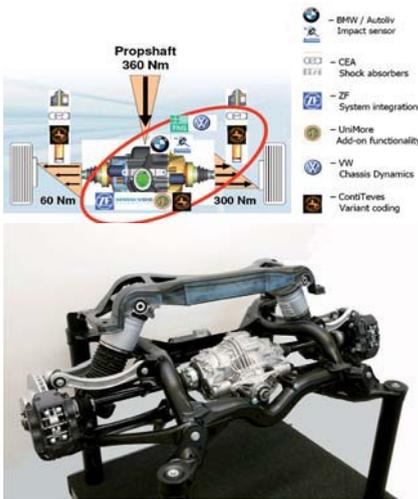


Dangelmaier, W.: Fertigungsplanung. Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung — Grundlagen, Algorithmen und Beispiele. 2. Auflage. Berlin: Springer Verlag 2001.



# Optimierte Planung und Steuerung von globalen Liefernetzwerken für das 5-Tage-Auto

Entwicklung eines neuen SCM Konzeptes im Rahmen des EU Projektes AC~~DC~~DC - Automotive Chassis Development for 5-Days Cars



Hinterachse und Partner aus Arbeitspaket 1000

Kundenspezifität der Produkte und kürzeste Lieferzeiten sind die wesentlichen Differenzierungsmerkmale, mittels derer die europäische Automobilindustrie im globalen Wettbewerb bestehen kann. Die heute vierzig-tägige Durchlaufzeit eines Fahrzeugs vom Kundenauftrag bis zur Auslieferung bedingt sich durch das komplexe logistische Handling der vielen Millionen Fahrzeugvarianten in der Produktion.

In dem europäischen Verbundprojekt AC~~DC~~DC haben sich namhafte europäische Automobilzulieferer und Hersteller wie ContinentalTeves, ZF, Siemens VDO, BMW und VW mit führenden Forschungseinrichtungen wie dem Heinz Nixdorf Institut und der Fraunhofer Gesellschaft zusammengefunden, um neue Wege zur Optimierung der automobilen Supply Chain zu einem „5 Tage Auto“ zu beschreiten.

AC~~DC~~DC ist in zwei intensiv verknüpfte Arbeitspakete organisiert. Im Arbeitspaket 1000 wurde in Kooperation zwischen ZF, ContinentalTeves, VW und BMW bis heute eine neue mechatronische Hinterachse entwickelt, die durch konsequente Modularisierung eine deutliche Verringerung der Variantenvielfalt in der Produktion ermöglichen und so die logistische Planungskomplexität senken können. Deren Regelverhalten soll ausschließlich durch Software gesteuert werden. Die Individualisierung der einzelnen Fahrzeuge kann möglichst weit ans Ende des Produktionsprozesses verschoben werden, wodurch neue Flexibilität in der Produktionsplanung und -steuerung erreicht wird.

Diese Prämisse wird im Arbeitspaket 2000 unter starker Beteiligung des Heinz Nixdorf Instituts zur Optimierung als Basis der Optimierung der logistischen und wertschöpfenden Prozesse im Supply Chain Management genutzt werden. Unter dem Paradigma „Customize-to-Order“ wurden bis dato neue Methoden und zielführende Vorgaben zur effizienteren Steuerung der Supply Chain in der Automobilindustrie erarbeitet.

Hierzu gehören im Wesentlichen:

- Neue Planungskonzepte zur Verbesserung einer durchgängigen Planung in der Supply Chain beginnend mit der kooperativen Erstellung von Rahmenplänen, über kundenspezifische Glättung von Bedarfen und einem effizienten Event Management auf der Basis adaptiver Erkennungsmethoden sowie regel- und wissensbasierter Erkennungsmethoden
- Bessere Steuerung von Fabrikkonzepten durch die Einführung flexibler Materialflusststeuerungskonzepte nach dem „Pull-Prinzip“ mit dem Ziel eine zugesicherte Fertigungsflexibilität (+X/-X %) der Rahmenvertraglichen Abrufe zu gewährleisten
- Methoden zur kollaborativen Bedarfsvorschau zwischen Kunden und Lieferant unter Berücksichtigung verfügbarer Informationen auf der Basis eines Stufenkonzeptes

Das Projekt AC~~DC~~DC ist Anfang Oktober 2006 gestartet und endet im September 2010. Zum Ende des Projektes werden die erarbeiteten Konzepte in einem Step-by-Step-Guide und einer Wissensdatenbank im Internet veröffentlicht.

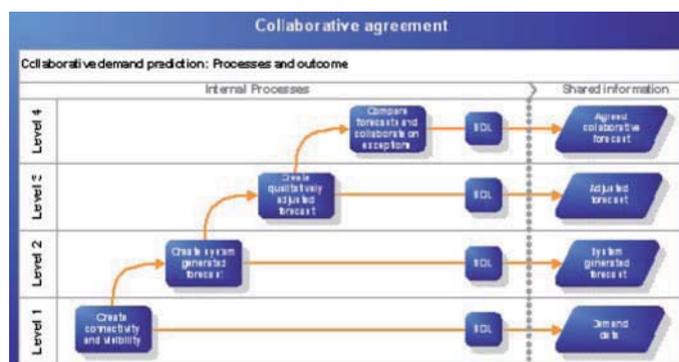
## Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Inf. Daniel Brüggemann  
E-Mail: Daniel.Brueggemann@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 64 26

Dr. rer.-pol. Dipl.-Inform. Andre Döring  
E-Mail: Andre.Doering@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 69 12

Dipl.-Wirt.-Inf. Tobias Rust  
E-Mail: Tobias.Rust@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 64 65  
Telefax: +49 (0) 525160 64 83

<http://www.hni.uni-paderborn.de/cim>



Stufenkonzept der Bedarfsvorschau

# Produktionsplanung unter Unsicherheit

## Entwicklung eines Online Algorithmus für die Ablaufplanung

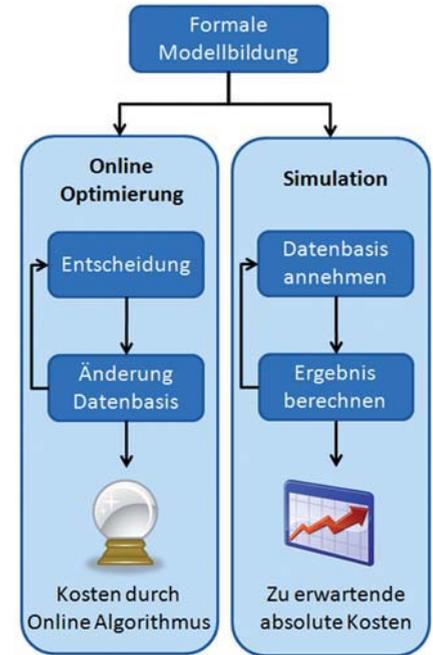
Die mathematische Optimierung ist eine der fundamentalen Methoden des Operations Research und beschreibt im Allgemeinen das optimale Lösen eines mathematischen Modells. Die langjährige Forschung auf diesem Gebiet brachte vielfältige Anwendungsbeispiele im Rahmen der Produktionsplanung hervor.

Die klassische (offline) Optimierung ist vor allem dadurch charakterisiert, dass alle benötigten Daten zur optimalen Lösung des Problems im Voraus exakt bekannt sein müssen. Solche Probleme sind in der Praxis allerdings eher die Ausnahme als die Regel. Auch eine Prognose kann der Zukunft die Unsicherheit nicht nehmen und wird hier auf Grund ihrer Fehlerhaftigkeit kaum zu einer optimalen Lösung führen können. Im Rahmen der Online Optimierung wird daher versucht, die Unsicherheit während der Optimierung explizit zu berücksichtigen. Ein Online Algorithmus muss dazu seine Entscheidungen auf unvollständigen Informationen treffen und trotzdem versuchen die Güte der Lösung zu optimieren.

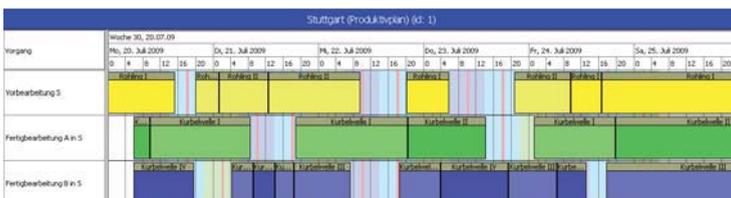
Grundsätzlich sind hierbei zwei Vorgehensweisen zu unterscheiden. Die kompetitive Analyse verfolgt das Ziel, eine möglichst hohe Güte der Lösung zu erreichen, unabhängig davon wie sich die Zukunft tatsächlich entwickelt. Damit wird ausschließlich auf den schlechtesten Fall abgezielt. Die Güte in allen anderen Fällen spielt im Allgemeinen keine Rolle. Die alternative Vorgehensweise ist mit Hilfe stochastischer Informationen eine Optimierung durchzuführen, welche eine robuste Lösung auf Basis einer Szenariomenge berechnet. Entscheidend ist dabei sowohl die Reduktion der Komplexität eines konkreten Falls als auch der Gesamtheit der Fälle. Soll die Stochastik in den Hintergrund treten so kann bei der Szenariodefinition auch die individuelle Risikoeinstellung realitätsnah wiederge-

spiegelt werden. Als Fazit ergeben sich für beide Ansätze Vor- und Nachteile. Die Praxistauglichkeit erscheint jedoch im letzteren Fall eher gegeben, weshalb ein solches Verfahren als Grundlage dienen soll, um im Anschluss durch Ideen der kompetitiven Analyse ergänzt zu werden und damit die Vorteile zu vereinen.

Die bisher gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage dienen, um die Online Optimierung auf einen komplexeren praxisnahen Anwendungsfall zu übertragen. Es handelt sich dabei um das Problem der kostenbasierten Reihenfolge-, Losgrößen- und Kapazitätsplanung in der Serienfertigung. Aufbauend auf den Kundenbedarfen sind der Personaleinsatz sowie die zeitliche, mengenmäßige und örtliche Zuordnung der Produktionsaufträge zu bestimmen. Aufgrund der Interdependenzen zwischen den Teilplanungsschritten handelt es sich um ein Problem, das selbst als offline Variante nur schwer optimal zu lösen ist. Die Aufgabe soll angegangen werden, indem ein real existierendes Produktionssystem als Grundlage für ein entsprechendes mathematisches Modell dienen wird. Elementare Kostenarten wie die Produktionskosten und die Lagerkosten bilden das Optimierungskriterium in Form einer Zielfunktion, während die Eigenheiten des Produktionssystems in die zu modellierenden Restriktionen eingehen. Darauf aufbauend wird ein Online-Algorithmus entwickelt und analysiert, welcher eine Abwägung zwischen erwarteter Güte und Sicherheit ermöglicht und damit eine optimale Entscheidungsgrundlage liefert, in die das Expertenwissen des Planers mit einfließen kann. Die anschließende Simulation zeigt die Güte der Ergebnisse des Algorithmus in unterschiedlichen repräsentativen Fällen und ermöglicht eine differenzierte Beurteilung dessen Leistungsfähigkeit.



Elemente der Problemlösung

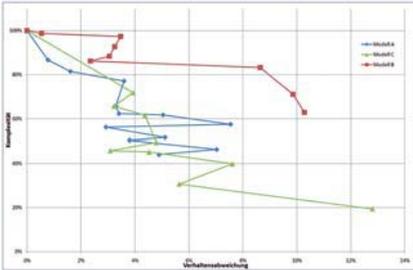


Mögliches Ergebnis der Ablaufplanung

**Kontakt:**  
 Dipl.-Wirt.-Inf. Stefan Kloepfer  
 E-Mail: [Stefan.Kloepfer@hni.upb.de](mailto:Stefan.Kloepfer@hni.upb.de)  
 Telefon: +49 (0) 5251160 64 31  
 Telefax: +49 (0) 5251160 64 83

# Geregelte Modellvereinfachung

Erzeugung von Modellen zur effizienten Materialflusssimulation



Ergebnis der geregelten Vereinfachung

Durch die verbesserte Bedienbarkeit der Materialflusssimulation steigt der Wunsch, immer umfangreichere Modelle zu erstellen. Im Idealfall soll das gesamte Unternehmen in einem Modell abgebildet werden. Um zusätzlich immer realistischere Ergebnisse und Darstellungen zu bekommen, entstehen immer komplexere Modelle. Diese sind auch auf den leistungsfähiger werdenden Rechnern nicht mehr effizient berechenbar.

Dieses Problem kann gelöst werden, wenn Teilmodelle geringerer Komplexität verwendet werden, sofern diese nicht im Fokus der Analyse stehen oder kaum Auswirkungen auf die Analyse haben. Dadurch sinkt die Komplexität des Gesamtmodells und die Berechnungsgeschwindigkeit steigt. Teilmodelle geringerer Komplexität weisen aber einen Verhaltensunterschied zum Ausgangsmodell auf, der mit sinkender Komplexität steigt. Für eine effiziente Simulation sollen die Teilmodelle daher nicht eine beliebige Kombination aus Komplexität und Verhaltensabweichung aufweisen, sondern eine Kombination, die bei minimaler Verhaltensabweichung die Rechnerressourcen optimal ausnutzt. Bisher war dies eine aufwendige, manuelle Tätigkeit für Simulationsexperten. Mit unseren Arbeiten wurde ein System entwickelt, bei dem der Anwender nur das Ausgangsmodell mit höchster Komplexität erstellt und vereinfachte Teilmodelle automatisch erzeugt werden.

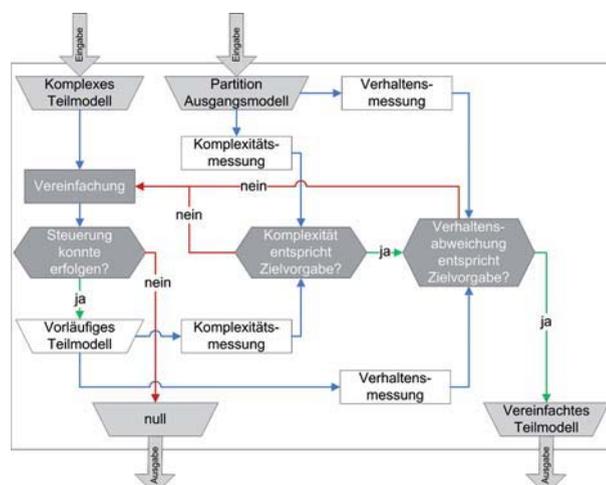
## Konzept

Die Vereinfachung wurde eingebunden in eine doppelte Rückkopplungsschleife aus Komplexitäts- und Verhaltensmessung. Wie in dem Bild unten dargestellt, wird zuerst ein komplexes Teilmodell mit einem Methodensatz vereinfacht. Nach der Änderung der Modelleigenschaften wird ein vorläufiges Teilmodell erstellt, dessen Komplexität gemessen und mit dem zugeordneten Ausgangsmodell verglichen werden. Wurde eine ausreichende Komplexitätsreduzierung erzielt, wird die Verhaltensabweichung ermittelt. Ist auch dieses Zielkriterium erfüllt, wird das Teilmodell ausgegeben. Konnten die Ziele bzgl. Komplexität und Verhaltensabweichung nicht erreicht werden, dann wird in einer Rückkopplungsschleife versucht, die Vereinfachung anzupassen, um ein Teilmodell mit besseren Eigenschaften zu finden. Ist dies nicht erfolgreich, so kann kein Teilmodell erstellt werden. Um dieses Regelungskonzept umzusetzen, wurden Maße für die Komplexität und die Verhaltensabweichung entwickelt. Für die Vereinfachung werden die Methoden Zusammenfassung und Weglassung angewendet. Die Zusammenfassung ist eine Substitution von großen Komponentengruppen durch kleinere, die ein ähnliches Verhalten aufweisen. Eine weitere Vereinfachung kann durch Weglassung einzelner Komponenten erfolgen.

## Ergebnisse

Der Verlauf der geregelten Vereinfachung ist für drei Testmodelle in der Abbildung

links dargestellt. Modell A und C haben bei einer Restkomplexität von 45% eine Verhaltensabweichung von ungefähr 5%. Die maximal erreichte Vereinfachung besitzt mit 19% Restkomplexität, Modell C bei einer Verhaltensabweichung von 13%. Mit der geregelten Vereinfachung können somit starke Vereinfachungen bei geringer Verhaltensabweichung erzielt und somit den Zielen entsprechende Teilmodelle erzeugt werden.



Skizze des Regelungsalgorithmus

## Kontakt:

Dr. rer. pol. Dipl.-Wirt.-Ing. Daniel Huber  
E-Mail: Daniel.Huber@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 64 50  
Telefax: +49 (0) 525160 64 83

<http://www.hni.uni-paderborn.de/cim>

# Trainierte Regeln zur Ablaufsteuerung

Ein wissensbasiertes Verfahren zur Regelauswahl

## Problemstellung

Obwohl Werkstattfertigungen und flexible Fließfertigungen seit langem untersucht werden, fehlen aktuell immer noch praxistaugliche Steuerungsverfahren. Steuerungsnötigkeit in der Fertigung besteht dann, wenn mehrere Arbeitsaufträge um die Zugehörigkeit zu einem Arbeitsmittel konkurrieren oder ein Auftrag von mehreren Arbeitsmitteln bearbeitet werden kann. Innerhalb der Ablaufplanung und -steuerung ist also die Bestimmung der Auftragsreihenfolge von besonderer Relevanz. Das sogenannte Scheduling ist die Erzeugung bzw. Umsetzung von Abarbeitungsreihenfolgen für Aufträge mit einem Ablaufplan als Ergebnis. Dieser ist die Vorschrift der zeitlichen Abläufe von Produktionsprozessen, hier die zeitliche Zuordnung der Aufträge zu den Maschinen.

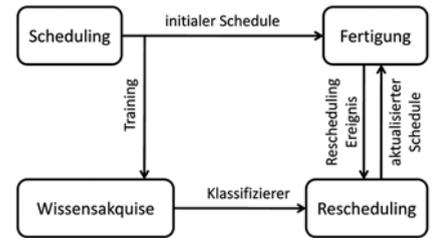
Aufgrund der Unsicherheiten in einem Fertigungssystem können Ablaufpläne allerdings in den seltensten Fällen wie zuvor geplant ausgeführt werden. Unvorhergesehene Ereignisse können einen einmal erzeugten Plan unzulässig machen. Rescheduling ist der Prozess, einen existierenden Schedule zu aktualisieren bzw. zu erneuern. Rescheduling-Sachverhalte werden als Aufgabe der Produktionsplaner beschrieben, welche in dynamischen und stochastischen Fertigungssystemen schnell Lösungen erzeugen müssen. Dabei ist das Ermitteln einer guten Lösung unter den genannten Bedingungen schwierig. Aus diesem Grund werden heute in der Produktionsplanung vor dem Start des Produktionsprozesses intensive Überlegungen über den Ablauf, im Betrieb jedoch nur noch die Durchsetzung und Steuerung nach fest definierten Regeln unternommen. In einem Forschungsprojekt der Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM wurde thematisiert, wie ein Verfahren geschaffen werden kann, mit der vor und parallel zum laufenden Produktionsbetrieb Handlungsalternativen erarbeitet und bewertet werden können, um bei Steuerungsnotwendigkeit angemessen zu entscheiden.

## Lösungsansatz

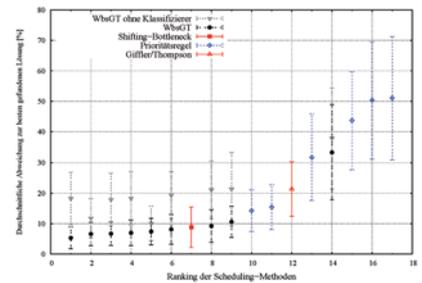
Grundlegende Steuerungsheuristik des entwickelten Verfahrens bildet die von Giffler-Thompson entwickelte Methodik, welche für die untersuchten Organisationsformen zu korrigieren und zu erweitern war. Damit die von der Heuristik aufgespannte Konfliktmenge alternativer Auftragskandidaten gut auflösbar ist, wurde ein maschinelles Lernverfahren integriert. Dieses trifft mittels der Beschreibung von Steuerungssituationen durch Merkmale die Entscheidung für die in der jeweiligen Situation passendste Prioritätsregel. Es steuert damit durch den Lösungsraum, womit nur ein Pfad, der zu einer guten Lösung führt, zu durchlaufen ist. Hierzu wurden prototypisch situationsbeschreibende Merkmale entwickelt. Ebenfalls wurden geeignete Prioritätsregeln ausgewählt bzw. konzipiert. Für das Training des wissensbasierten Entscheiders wird der Zeitraum vor Beginn des Fertigungsprozesses genutzt, indem beispielhafte Trainingslösungen berechnet werden. Als Trainingsverfahren wurden u.a. optimierende Verfahren sowie der Ablaufsimulator d3FACT insight eingesetzt.

## Ergebnisse

Das entwickelte Verfahren wurde anhand von Standard-Benchmark-Problemen evaluiert, was zu durchweg guten Ergebnissen führte. Im Vergleich mit alternativen Lösungsverfahren konnte gezeigt werden, dass das entwickelte Verfahren bessere Ergebnisse im Sinne der verfolgten Zielfunktion erreicht. Dabei liegt die erforderliche Rechenzeit des Verfahrens im Sekundenbereich und ist deutlich geringer als die der Referenz- oder Trainingsverfahren. Durch die Evaluierung konnte die Tauglichkeit des Verfahrens nachgewiesen werden.



Ablaufschabild des Steuerungsverfahrens



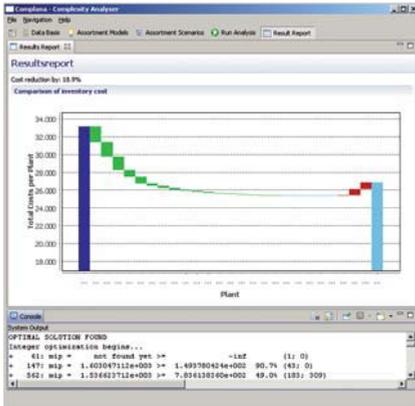
Benchmark des Verfahrens anhand des Fisher-Thompson-06-Problems

### Kontakt:

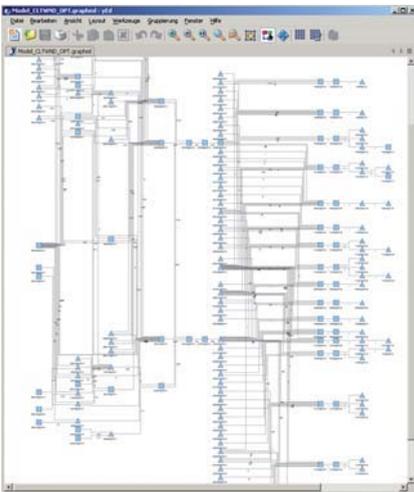
Dr. rer. pol. Dipl.-Wirt.-Inf. Mark Aufenanger  
 E-Mail: Mark.Aufenanger@hni.upb.de  
 Telefon: +49 (0) 5251160 64 62  
 Telefax: +49 (0) 5251160 64 83

# Praxiskooperation Freudenberg Haushaltsprodukte

Sortimentskomplexität mit Optimierungsmethoden  
fallbasiert bewerten



Optimierung und Kostenanalyse in Complana



Visualisierung der Produktions- und Distributionsstrukturen für ein gegebenes Sortiment

Wie viele Branchen steht auch die Konsumgüterindustrie immer größer werdenden Anforderungen nach Produktdifferenzierung gegenüber. Internationale Hersteller versuchen durch speziell angepasste Produkte und Verpackungen die Kundenbedürfnisse in den Zielmärkten möglichst gut zu befriedigen. Die steigende Sortimentskomplexität hat bekanntermaßen auch einen erheblichen Einfluss auf das zu Grunde liegende Produktions- und Distributionssystem. Im Hinblick auf die verursachten Kosten müssen insbesondere die Auswirkungen in der Produktionsplanung und im Bestandsmanagement genannt werden. Eine größere Anzahl an Materialien auf allen Produktions- und Distributionsstufen erzeugt zusätzliche Rüst- und Ausschusskosten im Produktionsablauf sowie zusätzliche Bestände. Die Notwendigkeit nach höheren Sicherheitsbeständen ist unter anderem auch dadurch zu begründen, dass Absatzprognosen mit steigender Variantenzahl schwieriger werden und mit einer erhöhten Bedarfsunsicherheit geplant werden muss.

Existierende Ansätze zur Bewertung dieser Kosteneffekte werden oft der Tatsache nicht gerecht, dass Sortimentsänderungen sich zunächst auf die optimale Konfiguration der Produktions- und Distributionsabläufe auswirken. So müssen sowohl bei Produktstandardisierungen als auch bei Sortimentserweiterungen Parameter wie Losgrößen, Produktionszyklen, Bestandspunkte und Bestandshöhen neu abgestimmt werden, um eine optimale Konfiguration des zugrunde liegenden Produktions- und Distributionsnetzwerkes zu gewährleisten. Erst wenn diese Konfiguration bekannt ist, können die durch ein bestimmtes Sortiment erzeugten Kosten korrekt quantifiziert werden.

Vor diesem Hintergrund hat der Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik, insb. CIM zusammen mit der Freudenberg Haushaltsprodukte KG einen neuartigen Ansatz zur Bewertung von Sortimentskomplexität entwickelt. Dabei werden sowohl exakte als auch heuristische

Optimierungsverfahren genutzt, um verschiedene Produktionsplanungsparameter sowie Bestandspunkte und -höhen optimal auf ein gegebenes Sortiment abzustimmen. Dieses Vorgehen schafft die Voraussetzungen für fundierte Wenn-Dann Analysen.

Als Basis dient dabei ein formales Modell des Sortiments mit seiner Produktstruktur und den zugehörigen Produktions- und Distributionsprozessen. In einem zweiten Schritt können in diesem Modell Alternativszenarien im Hinblick auf das Produktsortiment definiert werden. Nach Anwendung der Optimierungsverfahren auf das Ausgangsmodell und alle Szenarien steht eine Menge von optimal konfigurierten Netzwerken zur Verfügung, die als Basis für eine komparative Kostenanalyse dienen. So können die Effekte zu- oder abnehmender Sortimentskomplexität fallbasiert möglichst präzise ermittelt werden. Die optimierten Modelle geben sowohl Auskunft über die zu erwartenden Kosteneffekte als auch über die nötigen Änderungen in der Netzwerk-Konfiguration. Beispielsweise kann so ermittelt werden, ob sich nach einer Produkt-Standardisierung der Übergang von dezentraler zu zentraler Lagerhaltung für dieses Produkt lohnt.

Dieses Konzept wurde in dem Software Prototypen Complana (Complexity Analyser) umgesetzt und findet derzeit in Pilotprojekten bei der Freudenberg Haushaltsprodukte KG (FHP) Anwendung. FHP ist ein global agierendes Unternehmen, das seine Produkte weltweit unter der Marke Vileda vertreibt. Die Ausgestaltung dieses globalen Liefer- und Produktionsnetzwerkes wird maßgeblich durch das Produktsortiment und insbesondere die landesspezifischen Produkt- und Verpackungsvarianten bestimmt. In diesem Umfeld wird analysiert, wie sich Änderungen im Bereich des Tuchsorimentes auf die globale Bestandhaltung und die Produktionsabläufe am Produktionsstandort auswirken.

## Projektpartner:

Freudenberg Haushaltsprodukte KG

## Kontakt:

Dr. rer. pol. Dipl.-Wirt.-Inf. Christoph Danne  
E-Mail: Christoph.Danne@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 64 86  
Telefax: +49 (0) 5251160 64 83

## Optimierung der Gleichteilestrategie

### Verwendung von Gleichteilen zur Optimierung der Produktionskosten

In den letzten Jahren war eine rasante Erhöhung der Variantenvielfalt in der Automobilindustrie zu beobachten. Immer neue Baureihen, insbesondere die Einführung von Crossover-Fahrzeugen, und neue technische Sonderausstattungen lassen die Zahl der Varianten in astronomische Dimensionen wachsen. Wird diese Variantenvielfalt von den Kunden sehr positiv aufgenommen, sorgt sie bei den Herstellern jedoch für große Probleme u.a. in Produktion und Logistik. Eine Strategie, dies durch die Variantenvielfalt entstandenen Komplexität zu reduzieren, ist eine Optimierung der Gleichteilestrategie.

Bei der Gleichteilestrategie wird versucht, die Vielfalt der Bauteile einzuschränken, ohne die dem Kunden angebotene Variantenvielfalt zu verändern. Dabei werden Bauteile baureihenübergreifend eingesetzt (z.B. beim 3er und 5er BMW) oder gleiche Teile werden in unterschiedlichen Varianten einer Baureihe verbaut; trotz verschiedener Funktionsanforderungen der Varianten an das Bauteil. In beiden Fällen müssen die Gleichteile die Anforderungen des höchstwertigsten Fahrzeugs erfüllen und verursachen damit höhere Materialkosten für die niederwertigeren Fahrzeuge. Teilweise führt ein erhöhter Gleichteileanteil auch zu einer Gewichtszunahme bei einigen Fahrzeugen. Ziel ist es nun die Teile zu bestimmen, die zukünftig zu Gleichteilen zusammengefasst werden. Dabei werden die Mehrkosten für höherwertigeres Material und die Ersparnisse in Produktion und Logistik gegenübergestellt und das Kostenoptimum bestimmt. Während sich die Abschätzung der Mehrkosten relativ einfach gestaltet, sind die Kostenersparnisse durch eine Erhöhung des Gleichteileanteils nur schwer zu bestimmen.

Um die Kostenersparnisse zu bestimmen, müssen die Veränderungen der Kosten in Produktion, Logistik, Konstruktion und Einkauf ermittelt werden. In der Konstruktion wird dabei ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Anzahl der zu entwickelnden Teile und den dazugehörigen Kosten ermittelt. Im Einkauf gibt es zwei relevante Kostenverläufe



Gleichteile: weniger Komponenten bei gleichem Funktionsumfang

zu betrachten. Bei einer Erhöhung des Gleichteileanteils bei Kaufteilen, verringert sich erstens der Aufwand des Einkaufs, da weniger unterschiedliche Teile gekauft und geprüft werden müssen und sich auch Vertragsverhandlungen einfacher gestalten. Zweitens ist die Stückzahl der zu kaufenden Gleichteile höher als die Stückzahlen der Variantenbauteile. Dadurch können höhere Skaleneffekte erzielt und somit Kosten gespart werden. Für beide Effekte werden ebenfalls funktionale Zusammenhänge ermittelt.

Die Kostenverläufe in Produktion und Logistik unterliegen nicht wie bei Einkauf und Konstruktion einfachen, funktionalen Zusammenhängen, sondern schon kleine Änderungen in der Produktstruktur können starke Kostenveränderungen verursachen und umgekehrt. Aus diesem Grund ist eine genaue Ausplanung der Produktion und Logistik für jeden unterschiedlichen Grad an Gleichteilen notwendig. Hierfür wird ein hierarchisches Optimierungsmodell entwickelt, das je nach Gleichteilestrategie die Produktion und Logistik modelliert und die dazugehörigen Kosten ermittelt.

Um die optimale Gleichteilestrategie zu ermitteln, wird eine Heuristik entwickelt, die systematisch den Gleichteileanteil verändert bis eine gute, jedoch nicht zwingend optimale Lösung gefunden wird. Dabei werden die beschriebenen funktionalen Zusammenhänge und das hierarchische Optimierungsmodell nach jeder Iteration genutzt, um die aktuelle Lösung zu bewerten und dadurch die Strategie für die Suche nach neuen Lösungen festzulegen.

#### Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Ing. Marcel Helmdach  
E-Mail: [Marcel.Helmdach@hni.upb.de](mailto:Marcel.Helmdach@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251/60 64 99  
Telefax: +49 (0) 5251/60 64 83

<http://www.hni.uni-paderborn.de/cim>

# Produktentstehung



## Erfolgspotentiale der Zukunft erkennen und erschließen

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Produkt- und Produktionssysteminnovationen sind der entscheidende Hebel für Zukunftssicherung und Beschäftigung. Der Maschinenbau und verwandte Branchen, wie die Automobilindustrie, nehmen heute eine Schlüsselstellung ein. Diese Branchen weisen aber auch erhebliche Erfolgspotentiale der Zukunft auf. Diese gilt es, frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig zu erschließen.

Informations- und Kommunikationstechnik führt nicht nur zu Produktivitätssteigerungen – es entstehen auch neue Produkte und neue Märkte. Unser Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen. Dafür erarbeiten wir Methoden und Verfahren. Diese strukturieren wir in vier Ebenen (siehe 4-Ebenen-Modell). Unsere Forschungsschwerpunkte sind:

▪ **Strategische Produkt- und Technologieplanung**

Im Vordergrund steht die Ermittlung der Anforderungen an die Produkte für die Märkte von morgen. Im Prinzip geht es um die Antizipation der Entwicklung von Technologien und Märkten und darauf aufbauend um die Erarbeitung von Technologie-, Produkt- und Geschäftsstrategien.

▪ **Entwicklungsmethodik Mechatronik**

Dies umfasst die domänenübergreifende Konzipierung mechatronischer Systeme, Methoden zur Steigerung der Zuverlässigkeit sowie Entwicklungsleitfäden für Produkte, die neue Technologien wie MID (Molded Interconnect Devices) beinhalten.

▪ **Produktionssystemplanung**

Es geht um die strategisch begründete Projektierung von Produktionssystemen für mechatronische Erzeugnisse; Arbeitsablaufplanung, Arbeitsstättenplanung, Arbeitsmittelplanung und Produktionslogistik werden im Wechselspiel bearbeitet.

▪ **Virtual Reality, Augmented Reality und Simulation**

Diese Technologien bieten neue Möglichkeiten für das Virtual Prototyping. Ferner wird der Zugang der Benutzer zu erklärungsbedürftigen Produkten und komplexen technischen Systemen verbessert.

Die UNITY AG ist die erste Adresse, wenn es um den Transfer dieser Leistungen in die Praxis geht. Mehr als 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter helfen Ihnen gerne weiter. ([www.unity.de](http://www.unity.de))

Mit unserer Lehre verfolgen wir das Ziel, den Studierenden ein umfassendes Bild moderner Industrieunternehmen zu vermitteln, die Erfolgspotentiale der Zukunft darzustellen und Wege aufzuzeigen, diese zu erschließen. Unsere Studierenden erhalten die Kompetenzen, auf die es in der Industrie morgen ankommt.



**Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung** – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Carl Hanser Verlag, 2009



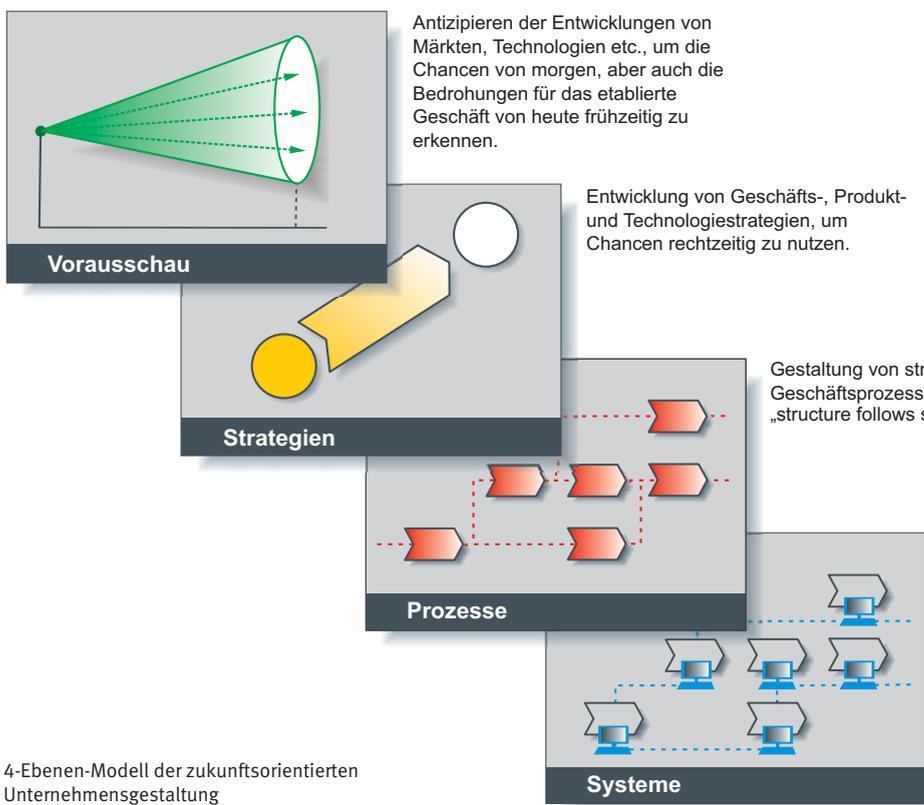
**Vernetzte Produktentwicklung** – Ein systematischer Handlungsleitfaden für den Aufbau eines internet-basierten Wissensmanagements für die Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, 2006



**Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen.** VDMA-Verlag, 2004



**Produktinnovation** – Ein Handbuch für die Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Carl Hanser Verlag, 2001



4-Ebenen-Modell der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung

# Strategische Produktplanung in der Praxis

Definition neuer Produkte für die Hermann Sewerin GmbH, Gütersloh



Anwender bei der Lokalisation von Gasleckagen

Die Hermann Sewerin GmbH hat sich auf dem Weltmarkt eine führende Stellung in den Bereichen der Gas- und Wasserlecksuche sowie der Leitungs- und Objektortung erarbeitet. Es gilt, diese Position zu erhalten und international auszubauen. Das Ziel der Zusammenarbeit mit dem Heinz Nixdorf Institut war daher ein erfolversprechendes zukünftiges Produktportfolio. Dazu waren die Entwicklungsprojekte für die Produkte von morgen festzulegen. Die Etablierung eines Innovationsprozesses soll dazu beitragen, strategische Produktplanung im Unternehmen zu verstetigen und in die Unternehmensführungsprozesse einzubetten.

## Strategische Produktplanung für die Gerätetechnik

Strategische Produktplanung charakterisiert das Vorgehen vom Finden der Erfolgspotentiale der Zukunft bis zur erfolversprechenden Produktkonzeption. Sie weist die vier Aufgabenbereiche Potentialfindung, Produktfindung, Geschäftsplanung und Produktkonzipierung auf. Von besonderer Bedeutung für Sewerin war die Auswahl aussichtsreicher Produktideen und ein Vorgehen, das den Entscheidungsprozess nachvollziehbar gestaltet. Grundlage dafür war die Analyse des bestehenden Geschäfts und des Potentials der bestehenden Produkte. Darüber hinaus wurden Szenarien für die Zukunft der Gas- und Wasserversorgung entwickelt. Ergebnis des Projektes waren

64 Produkt- und Geschäftsideen. Aus diesen wurden mittels des Ideentrichters systematisch 18 erfolversprechende Ideen identifiziert und in der Detaillierung eines Entwicklungsauftrags konkretisiert. Von diesen Ideen wurden etwa zehn in einen Entwicklungsrahmenplan für die kommenden Jahre überführt.

## Entwicklung und Etablierung eines Innovationsprozesses

Die Systematik der strategischen Produktplanung hat sich bei der Hermann Sewerin GmbH bewährt und wird von der Belegschaft getragen. Zur Fortführung und Ausweitung des einmalig durchlaufenen Prozesses diente die Erarbeitung und Etablierung eines Innovationsprozesses. Dazu wurde auf Basis der bestehenden Prozesse ein Soll-Innovationsprozess entwickelt und mit der Methode OMEGA modelliert. Der Prozess erstreckt sich dabei von der Potentialfindung bis zur Markteinführung. Er umfasst Prozessschritte und Meilensteine, Verantwortlichkeiten, Methoden und Instrumente.

*„Durch die systematische und zielorientierte Arbeitsweise der Mitarbeiter des Heinz Nixdorf Instituts waren wir in der Lage, innerhalb von nur sechs Monaten die Weichen für die Produktentwicklung der kommenden Jahre zu stellen. Der Innovationsprozess garantiert, dass wir auch in Zukunft von dem systematischen Vorgehen profitieren und unsere Wachstumsziele erreichen.“*

DR. SWEN HERMANN SEWERIN,  
GESCHÄFTSFÜHRER, HERMANN SEWERIN GMBH

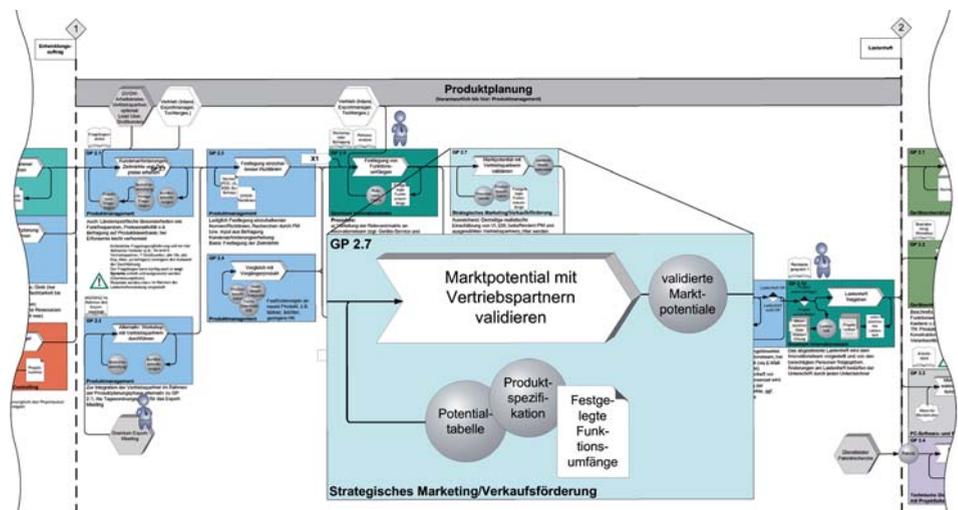


**Projektpartner:**  
Hermann Sewerin GmbH, Gütersloh

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Volker Brink  
E-Mail: Volker.Brink@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 62 64

Dipl.-Wirt.-Ing. Felix Reymann  
E-Mail: Felix.Reymann@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 62 64  
Telefax: +49 (0) 525160 62 68

<http://www.hni.uni-paderborn.de/pe>



Beispielhafter Geschäftsprozess aus dem Innovationsprozess

## Die Zukunft der industriellen Bildverarbeitung

### Studie für die VDMA Fachabteilung Industrielle Bildverarbeitung

Die industrielle Bildverarbeitung (IBV) ist die Technologie des künstlichen Sehens. Durch Kameras und Informationsverarbeitung wird Maschinen die Fähigkeit gegeben, Objekte zu erkennen und anhand festgelegter Prüfmerkmale zu beurteilen.

#### Neue Anwendungsfelder gewinnen an Bedeutung

Bildverarbeitungssysteme sind in der Automobil- und Elektronikindustrie bereits gut etabliert. Erhebliche Nutzenpotentiale zeichnen sich jedoch in bisher kaum bedienten Bereichen wie der Landtechnik ab. Hier setzt die Studie „Die Zukunft der deutschen Bildverarbeitungsindustrie“ an. Sie zeigt, welche Chancen sich den Unternehmen der industriellen Bildverarbeitung in der Landtechnik und drei weiteren Anwendungsfeldern zukünftig bieten.

Zunächst wurden 36 Trends aus den Bereichen „Neue Anwendungsfelder“, „Neue Technologien“, „Neue Geschäftsmodelle“ sowie „Neue Marktregionen“ identifiziert und durch eine Fragebogenaktion priorisiert. Daraus wurden die zu analysierenden Anwendungsfelder abgeleitet und anschließend durch eine Befragung von insgesamt 50 Experten aus Industrie und Forschung untersucht. Auf Basis der Expertenbefragungen wurden heutige und zukünftige Anwendungsmöglichkeiten von Bildverarbeitung in 60 Steckbriefen beschrieben. Einer dieser Steckbriefe charakterisiert optische Lenksysteme für Landmaschinen. Diese Systeme sind derzeit auf dem Vormarsch, da sie es dem Anwender erlauben, Fahrwege zu optimieren und so Nutzflächen effizienter zu bewirtschaften.

Zur erfolgreichen Gestaltung des Geschäfts von morgen müssen zukünftige Entwicklungen in den relevanten Märkten antizipiert werden. Dazu beschreibt die Studie Szenarien für die Bildverarbeitungsindustrie sowie die ausgesuchten Anwendungsfelder im Jahr 2015 und zeigt Chancen für den Einsatz von Bildverarbeitung auf. Die Studie mündet in Handlungsempfehlungen sowie Fähigkeiten, die für die Unternehmen der industriellen Bildverarbeitung entscheidend sein wer-

den, um auch im Geschäft von morgen erfolgreich zu sein.

#### Regelmäßige Vorausschau leicht gemacht

Das Thema „Die Zukunft der deutschen Bildverarbeitungsindustrie“ wird auch nach Abschluss der Studie auf der Agenda der VDMA Fachabteilung Industrielle Bildverarbeitung bleiben. Um den Transfer der Studienergebnisse in die Unternehmen der IBV sicherzustellen sowie eine kontinuierliche Aktualisierung der Studieninhalte zu ermöglichen, wurde eine online-basierte Informationsbasis bereitgestellt. Sie ermöglicht ein schnelles Erstellen von Szenarien für noch nicht betrachtete Anwendungsfelder sowie das Anpassen der entwickelten Szenarien auf unternehmensspezifische Gegebenheiten. Dabei wird der Anwender Schritt für Schritt durch den Prozess der Szenario-Erstellung geführt. Er kombiniert die in der Informationsbasis bereitgestellten Faktoren mit unternehmensspezifischen Informationen und gelangt so zu unternehmensspezifischen, aussagekräftigen Szenarien, die die Grundlage für eine fundierte strategische Planung bilden. Der Aufwand der Szenario-Erstellung wird durch das Bereitstellen der entwickelten Szenarien sowie von 61 beschriebenen Faktoren auf ein Minimum reduziert.



Bildverarbeitungssystem im Einsatz  
(Quelle: VDMA)



Die Zukunft der deutschen Bildverarbeitungsindustrie.



Handgeführte Kamera zur Datenerfassung  
(Quelle: VDMA)

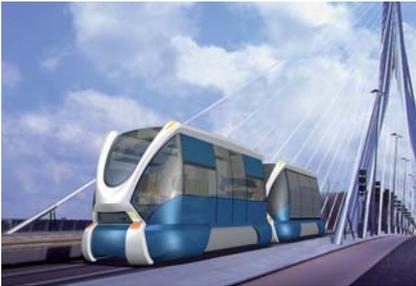
**Projektpartner:**  
VDMA – Fachabteilung  
Industrielle Bildverarbeitung

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Martin Kokoschka  
E-Mail: [Martin.Kokoschka@hni.upb.de](mailto:Martin.Kokoschka@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251160 62 65

Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Bensiek  
E-Mail: [Tobias.Bensiek@hni.upb.de](mailto:Tobias.Bensiek@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251160 62 26  
Telefax: +49 (0) 5251160 62 68

<http://www.hni.uni-paderborn.de/pe>

## SFB 614 Teilprojekt B2 „Entwurfsmethodik“ Neue Ansätze für den Entwurf komplexer technischer Systeme



RailCab des Projekts „Neue Bahn Technik Paderborn“



Besprechung der Ergebnisse einzelner Entwicklungstätigkeiten am Prozessvisualisierer. Zu sehen ist ein Ausschnitt des Entwicklungsprozesses des RailCabs, der insgesamt aus ca. 850 Entwicklungsschritten und 900 Entwicklungsobjekten besteht.

Der 2002 eingerichtete Sonderforschungsbereich 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ ist eines der Schwerpunktforschungsprojekte des Heinz Nixdorf Instituts. Das Teilprojekt B2 fasst die Ergebnisse aller Teilprojekte des SFB in einer ganzheitlichen Entwurfsmethodik zusammen (Verantwortliche: Prof. Gausemeier, Prof. Schäfer). Ziel des Teilprojekts ist ein Instrumentarium, das Dritte in die Lage versetzt, selbstoptimierende Systeme zu entwickeln. Den Kern bilden eine Spezifikationstechnik zur fachdisziplinübergreifenden Konzipierung eines intelligenten mechatronischen Systems sowie ein entsprechendes Vorgehensmodell.

### Vorgehen

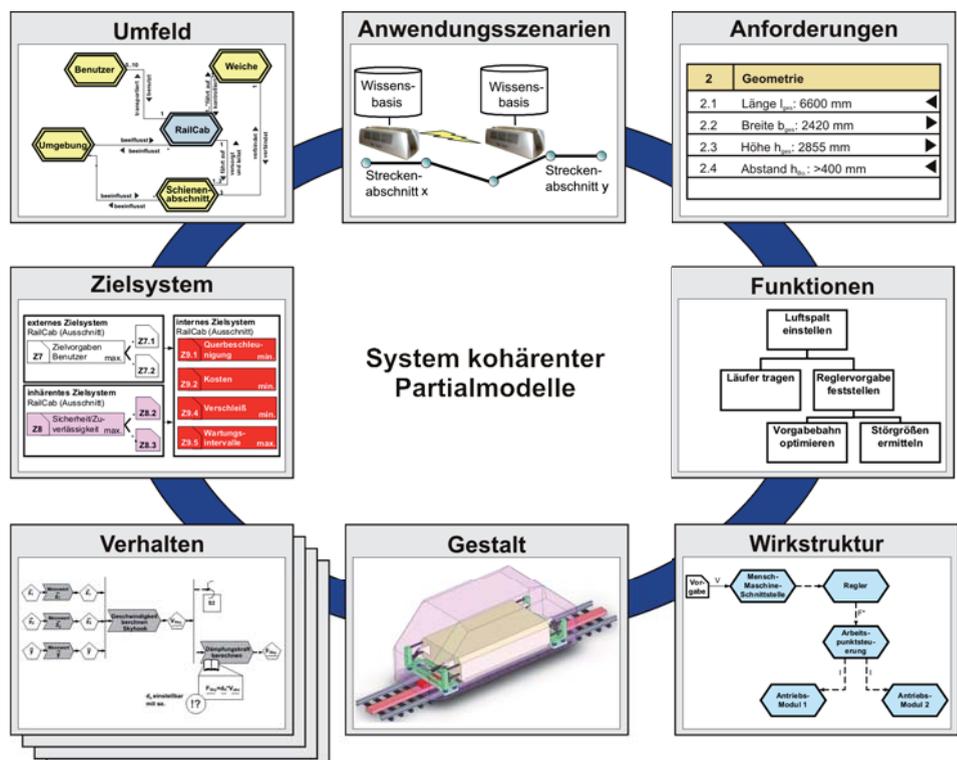
Die Entwicklung selbstoptimierender Systeme gliedert sich in die fachdisziplinübergreifende Konzipierung und die fachdisziplinspezifische Konkretisierung. In der Konzipierung erarbeiten Entwickler der Disziplinen Maschinebau, Elektrotechnik, Regelungs- und Softwaretechnik gemeinsam die Prinziplösung. Diese legt den grundsätzlichen Aufbau und die Wirkungsweise des Systems fest. In der anschließenden Konkretisierung arbeiten

sie die ihre Fachdisziplin betreffenden Aspekte parallel zueinander aus. Hierbei besteht ein hoher Abstimmungs- und Koordinationsaufwand.

Es bedarf neuer Werkzeuge zur Beherrschung der damit einhergehenden hohen Komplexität. Hierfür wurde ein neuartiger Prozessvisualisierer implementiert, mit dem komplexe Entwicklungsprozesse und Ergebnisse übersichtlich dargestellt werden (vgl. Bild links), um beispielsweise Reviews durchzuführen.

### Fachdisziplinübergreifende Spezifikation der Prinziplösung

Die Prinziplösung eines technischen Systems weist die Aspekte Anforderungen, Umfeld, Zielsystem, Anwendungsszenarien, Funktionen, Gestalt und Verhalten auf. Diese sind zu beschreiben und als Partialmodelle rechnerintern zu repräsentieren. Ferner sind die Beziehungen zwischen den Partialmodellen abzubilden. Beispielsweise ist zu modellieren, welche Systemelemente eine Funktion erfüllen. Die Spezifikation der Prinziplösung ist Grundlage für die Kommunikation und Kooperation der Entwickler im Zuge der Konkretisierung.



**Gefördert durch:**  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Sascha Kahl  
E-Mail: Sascha.Kahl@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 62 59  
Telefax: +49 (0) 525160 62 68

<http://www.sfb614.de>

Partialmodelle zur fachdisziplinübergreifenden Beschreibung der Prinziplösung mechatronischer und selbstoptimierender Systeme

# SFB 614 Teilprojekt B3 „Virtual Prototyping“

## Virtuelle Experimentierumgebung zur Analyse selbstoptimierender Systeme

Ziel des Teilprojektes B3 sind neue Interaktions-, Darstellungs- und Analysetechniken für den Entwurf und die Validierung selbstoptimierender Systeme mit Hilfe von virtuellen Prototypen. Dazu werden die Technologien Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) eingesetzt, die den Entwicklern das Verhalten derartiger Systeme anhand anschaulicher Darstellungen erklären. Das Projekt wird zusammen mit dem Team von Prof. Rammig bearbeitet.

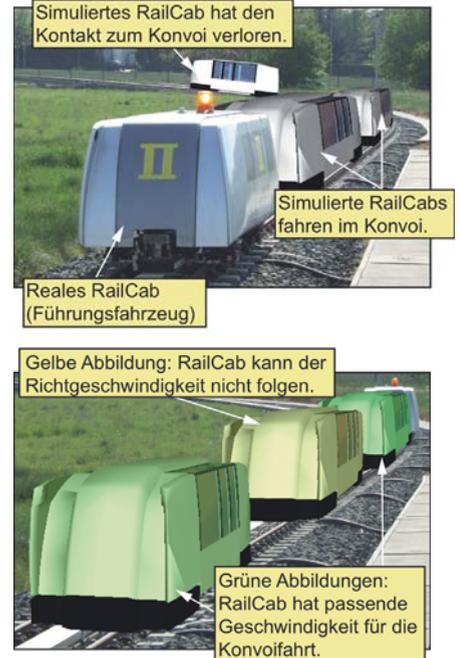
### AR und VR zur Analyse s.o. Systeme

Kern der bisherigen Arbeiten war die Entwicklung einer innovativen Experimentier- und Visualisierungsinfrastruktur, die es ermöglicht, die Technologien AR und VR zur Analyse simulierter und realer Systeme einzusetzen. Die Technologie AR bereichert die Wahrnehmung der Realität mit computergenerierten Informationen an. Ein Beispiel dafür ist die Analyse der Konvoibildung und -fahrt des Bahnsystems RailCab. AR wurde zur Visualisierung simulierter RailCabs eines Hardware-in-the-Loop Konvois eingesetzt, der aus simulierten und realen RailCabs besteht. Der Anwender betrachtet die RailCab-Teststrecke auf einem großformatigen Display, in dem ein Videobild der Teststrecke dargestellt wird. Das Videobild ist mit 3D-Modellen der simulierten RailCabs überlagert. Für den Anwender wirkt es, als ob diese auf der Teststrecke fahren.

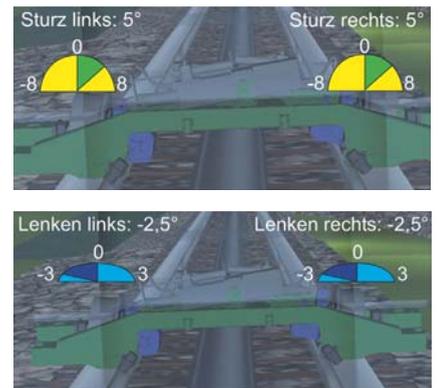
Die Technologie VR lässt den Anwender in eine virtuelle Welt eintauchen. Dies wird genutzt, um zum Beispiel das Verhalten eines technischen Systems analysieren zu können. Ein Beispiel hierfür ist die Analyse des sturzvariablen Fahrwerks, das im Rahmen des RailCab-Projekts entwickelt worden ist. Es kann aktiv lenken und seine Räder entsprechend des Streckenverlaufs stürzen. Das Fahrwerk wurde in einer virtuellen Umgebung nachgebildet in der der Anwender dessen Fahrt über eine virtuelle Teststrecke beobachten kann. Das Verhalten, wie z.B. der Sturz- und Lenkwinkel der Räder, wird durch graphische Annotation dargestellt.

### Visualisierungsagenten sollen das Virtual Prototyping vereinfachen

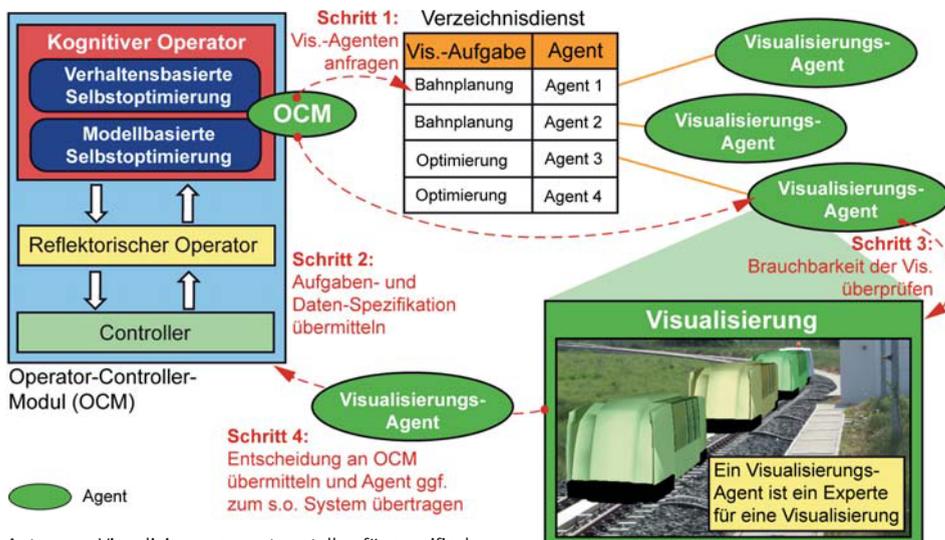
Visualisierungsagenten sind Software-Agenten, die „wissen“ welche graphische Darstellung zur Analyse eines technischen Aspekts genutzt werden kann. Um die Anbindung technisch zu realisieren, wird ein Verfahren zur automatischen Modellkopplung entwickelt, welches die zur Analyse notwendigen Modelle und dessen Variablen verknüpft. Basis hierfür ist ein semantisches Netzwerk, das die Variablen des selbstoptimierenden Systems und der Visualisierung semantisch beschreibt. Beide beschriebenen Verfahren werden in eine virtuelle Experimentierumgebung integriert und erlauben die virtuelle Absicherung der Funktionen selbstoptimierender Systeme.



Visualisierung simulierter RailCabs auf der Teststrecke. Eine zusätzliche Farbcodierung gibt z.B. die abstrakte Regelgüte wieder.



Darstellung des Sturz- und des Lenkwinkels am virtuellen Modell des sturzvariablen Fahrwerks



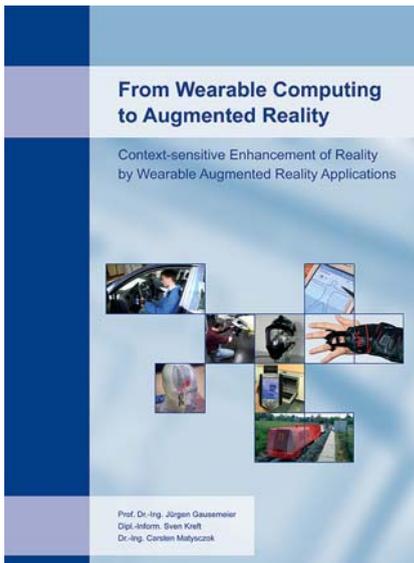
Autonome Visualisierungsagenten stellen für spezifische Analysen die jeweils besten Darstellungsformen bereit.

Gefördert durch:  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

Kontakt:  
Dr.-Ing. Rafael Radkowski  
E-Mail: Rafael.Radkowski@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 62 28  
Telefax: +49 (0) 5251/60 62 68

## wearT@work

### Wearable Computing Lösungen mit Augmented Reality



Die Studie gibt eine Einführung in Grundlagen von Wearable Augmented Reality und legt die Nutzenpotentiale dieser Technologie für vier Anwendungsszenarien dar.  
From Wearable Computing to Augmented Reality.  
ISBN 978-3-935433-96-9



Wearable Computer vereinfachen den Zugang zu digitalen Patientendaten.

**Gefördert durch:**  
Europäische Kommission

**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Sven Kreft  
E-Mail: [Sven.Kreft@hni.upb.de](mailto:Sven.Kreft@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525160 62 33  
Telefax: +49 (0) 525160 62 68

<http://www.hni.uni-paderborn.de/pe>

Im EU-Projekt „wearT@work“ ([www.wearitwork.com](http://www.wearitwork.com)) wurden von 2004 bis 2009 Wearable Computing Lösungen für die Bereiche Gesundheitswesen, Rettungsdienst, Flugzeugwartung und Automobilproduktion entwickelt. Wearable Computer sind in Kleidung und Gegenständen des alltäglichen Gebrauchs (z.B. Uhren oder Gürtel) integriert und ermöglichen einen schnellen, ortsunabhängigen Zugriff auf die IT-Infrastruktur eines Unternehmens. Derartige Systeme reduzieren die Interaktion zwischen Benutzer und System auf ein Minimum, in dem sie aufgabenbezogene Informationen automatisch sammeln und präsentieren. Dafür wird die aktuelle Tätigkeit des Benutzers mit Hilfe am Körper getragener Sensoren detektiert. Darauf aufbauend lädt der Wearable Computer für diese Tätigkeit relevante Daten, und stellt sie auf einem Anzeigegerät dar. Die Informationen werden dabei in Form von Text, Bild oder Video dargestellt.

#### AR-Einsatzpotentiale für Wearable Computing Lösungen

Mit Hilfe von Augmented Reality (AR) kann der Nutzen von Wearable Computing Systemen wesentlich erhöht werden: Mit AR werden 3D-Modelle kontextsensitiv in das Sichtfeld des Nutzers einblendet, um komplexe Sachverhalte intuitiv verständlich darzustellen. In der Kombination von AR und Wearable Computing (Wearable Augmented Reality)

liegt daher großes Synergiepotential. Dieses Potential wird in der Studie „From Wearable Computing to Augmented Reality“, die in Zusammenarbeit mit der UNITY AG erarbeitet wurde, dargelegt.

#### Vorgehensmodell AR-Integration

Zur systematischen Integration von AR in Wearable Computing Systeme wurde ein Vorgehensmodell erarbeitet. Dieses beschreibt die Schritte zur Entwicklung von Wearable Augmented Reality Systemen: Anforderungsanalyse, Konzipierung, Implementierung, Integration und Test. Im ersten Schritt werden Anforderungen ermittelt und ein Basiskonzept erarbeitet, das hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit bewertet wird. In der Konzipierung wird das Basiskonzept zur Designspezifikation konkretisiert, die das Storyboard, AR-spezifische Interaktionskonzepte sowie die Systemarchitektur beinhaltet. In der Implementierung werden bestehende Komponenten funktional erweitert und gegebenenfalls neue Komponenten implementiert. Diese werden in der Integration zum Gesamtsystem zusammengeführt. Abschließend wird das Gesamtsystem getestet.

Das Vorgehensmodell wurde in den Anwendungsfällen Montageausbildung, Flugzeugwartung, Stationsvisite und Rettungsdienst eingesetzt. Dabei zeigten insbesondere die Montageausbildung sowie die Flugzeugwartung große Nutzenpotentiale für den Einsatz von AR.



Das Wearable Computing Interaktionsparadigma: Das System stellt in Abhängigkeit der Nutzertätigkeit und des Umgebungszustands Informationen automatisch bereit.

# Verbundprojekt VireS

## Frühzeitige Bewertung von Kosten und Robustheit auf Basis der Produkt- und Produktionssystemkonzeption

Unternehmen müssen aufgrund der vorherrschenden Markt- und Wettbewerbssituation Produkte immer schneller und kostengünstiger entwickeln und produzieren. Fertigungstechnologien determinieren in hohem Maße das Produktkonzept. Diese Abhängigkeiten werden heute nur unzureichend berücksichtigt. Aufwändige Iterationsschleifen sind die Folge. Produkt und Produktionssystem sind daher im Wechselspiel zu konzipieren. Das Ziel des BMBF Verbundprojektes VireS (Virtuelle Synchronisation von Produktentwicklung und Produktionssystementwicklung) ist ein Instrumentarium zur integrativen Entwicklung von Produkt und Produktionssystem und der damit verbundenen Analyse und Bewertung von Entwicklungs- und Herstellkosten sowie der Robustheit gegenüber Änderungen und Störungen. Hierdurch sollen aufwändige Iterationsschleifen in späteren Entwicklungsphasen vermieden werden.

Das Instrumentarium besteht aus einem Vorgehensmodell, einer fachgebietsübergreifenden Spezifikationstechnik

zur Beschreibung der Prinziplösung des Produktes und des entsprechenden Produktionssystems, den Methoden für die Bewertung und einer Wissensbasis. Die Entwicklung des Instrumentariums erfolgt in vier Querschnittsprojekten.

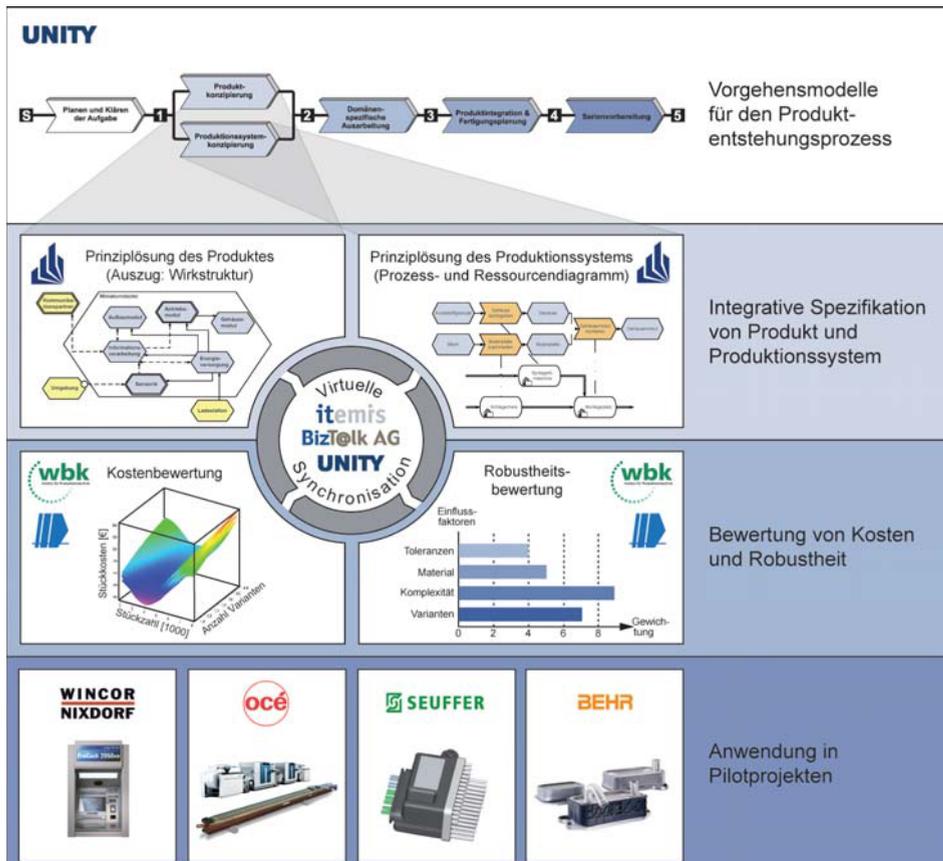
Die Spezifikationstechnik und die Bewertungsmethoden werden in Software umgesetzt. Ein Modellierungswerkzeug ermöglicht die Erstellung rechnerinterner Modelle der Prinziplösung. Die in den Modellen enthaltenen Informationen werden an die Bewertungstools übergeben und bilden die Grundlage für die Bewertung von Kosten und Robustheit.

Das Instrumentarium wird in vier Pilotprojekten erprobt:

- Behr: Wärmetauscher-Modul für den Einsatz als Ölkühler in PKW
- Océ: LED-Belichtungsaggregat für Hochleistungsdrucker
- Seuffer: EC-Kühlerlüfter Elektronik für die Regelung von PKW-Motorgebläsen
- Wincor Nixdorf: Monofunktionaler Geldautomat für den Außen- und Innenbereich



Demonstrator der Firma Océ Printing Systems: LED-Belichtungsaggregat (unten) eines Hochleistungsdruckers (oben)



Zusammenspiel des Instrumentariums

**Gefördert durch:**  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

**Projektträger:**  
Projektträger Karlsruhe (PTKA)

**Projektpartner:**  
Prof. Dr.-Ing. G. Lanza, Institut für Produktionstechnik (Karlsruher Institut für Technologie)  
Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann, Lehrstuhl für Produktentwicklung (TU München)

BizT@lk AG  
itemis AG  
UNITY AG  
Behr GmbH & Co. KG  
Océ Printing Systems GmbH  
Robert Seuffer GmbH & Co. KG  
Wincor Nixdorf International GmbH

**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. Rinje Brandis  
E-Mail: Rinje.Brandis@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 62 35  
Telefax: +49 (0) 5251160 62 68



Wenn z.B. ein Dokument hierarchisch strukturiert ist, so muss es nicht in der Zeit auch entlang dieser Struktur entwickelt werden (z.B. Top Down). Vielmehr unterscheiden sich die Zwischenprodukte und die Abfolge einzelner Entwicklungsschritte in der Regel erheblich von der endgültigen Produktstruktur auch wenn diese eine gewisse Orientierungsfunktion verkörpert. Was Personen oder Teams jeweils leisten müssen, um auf der Basis verschiedenster Produkte (Anforderungsdefinition, Lösungsentwürfe, Entwicklungspläne, etc.) sich allmählich dem endgültigen Produkt anzunähern, bezeichnen wir als Wissensarbeit. Die entscheidende Herausforderung sehen wir darin zu ermitteln, in welcher Form technische Funktionen Wissensarbeit unterstützen können. Primärer Gegenstand unserer wissenschaftlichen Untersuchungen ist somit nicht das Wissen selbst, sondern wie Wissen in kreativen und produktiven Prozessen geschaffen und genutzt wird.

Auf der grundlegenden theoretischen Ebene konnten wir mit dem Graduiertenkolleg „Automatismen“ einen interdisziplinären Rahmen für den – in diesem Fall medienbezogenen – interdisziplinären Diskurs schaffen. Auf der strategischen Umsetzungsebene waren wir maßgeblich an der Ausarbeitung des Antrags der Universität Paderborn für den Wettbewerb „Exzellente Lehre“ beteiligt, der vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und der Kultusministerkonferenz ausgeschrieben worden ist. Der Antrag mit dem Titel: „Vom Lernen zur Wissensarbeit – Individuelle Kompetenzentwicklung in der Universität der Informationsgesellschaft“ wurde unter 107 Einreichungen für das Finale mit zwölf weiteren Antragstellern ausgewählt.

Im Bereich eLearning fand im Wesentlichen die Konsolidierung des an der Universität Paderborn eingesetzten Systems koALA (koaktive Lern- und Arbeitsumgebung) statt. Dazu gehörten u.a. die stärkere Einbettung in die Dienste Infrastruktur der Universität – speziell das System PAUL – und die Vorbereitung einer Firmenausgründung zur Vermarktung von Dienstleistungen rund um koALA.

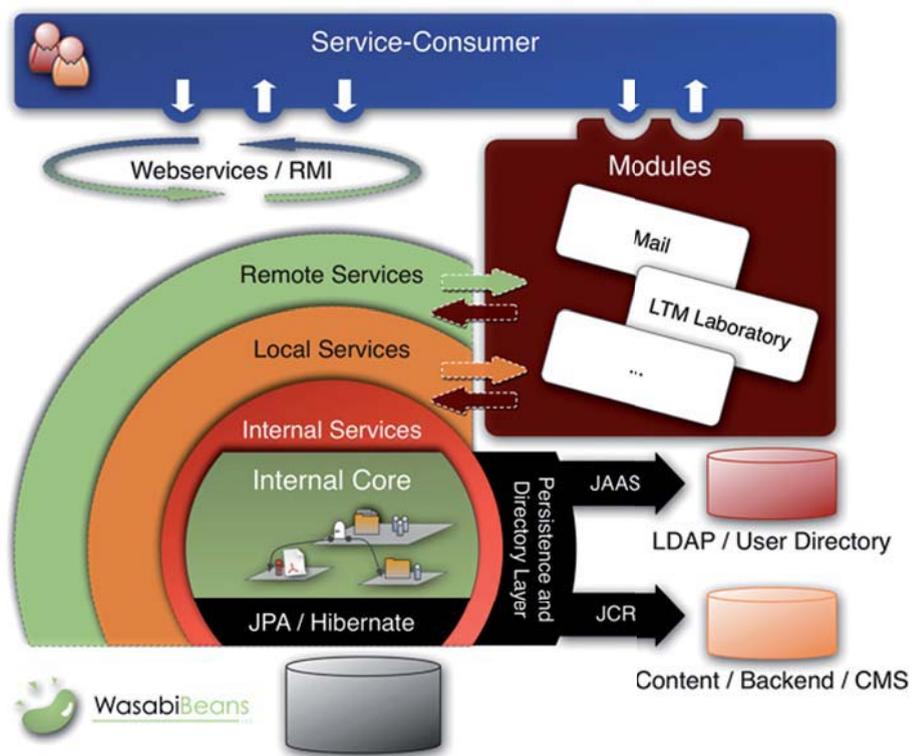
Ein weiterer Meilenstein im Bereich eLearning ist der Abschluss einer 5-jährigen Bildungspartnerschaft zwischen der Universität Paderborn und der Bezirksregierung Detmold zum Aufbau vernetzter Bildungsräume. Unter der Bezeichnung „Dialog 2.0: Wissen teilen – Region stärken“ sollen auf der Basis der von uns entwickelten Plattform „bid-owl“ der Dialog und die Zusammenarbeit zwischen Schulen, Einrichtungen und Firmen der Region verstärkt und ausgebaut werden. Schließlich wurde im Rahmen des Projekts LARS („Lernen auf Reisen“-Schule) ein neues Konzept – die mobilen virtuellen Schreibtische (Mokodesk) – zur Unterstützung der Betreuung von reisenden Schülern entwickelt und umgesetzt.

Das Konzept der Wissensarbeit gewinnt auch in Unternehmen zunehmend an Bedeutung. So arbeiten wir zusammen mit der Daimler AG erfolgreich an neuen Verfahren des „Kooperativen Umgangs mit Produktentwicklungsplänen“ (koPEP) auf der Basis koaktiver Unterstützungsfunktionen. Zusammen mit der Firma „Stahl – Partner für Bäcker“ geht es um

die Entwicklung einer koaktiven Lernumgebung für Großbäckereien, die zugleich die Kommunikation und Identifizierung der Mitarbeitenden in den Filialen mit dem jeweiligen Unternehmen fördern soll.

Das bedeutendste Vorhaben ist jedoch das Projekt DAWINCI. Unter der Konsortialführung der Arbeitsgruppe arbeiten wir zusammen mit Prof. Nicolas Schaper vom Fachgebiet Arbeits- und Organisationspsychologie der Universität Paderborn und sieben industriellen Partnern aus dem Weiterbildungs- und Chemiebereich daran, Konzepte und Methoden zur Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung der chemischen Industrie zu entwickeln. Wir entwickeln sowohl für die Projektarbeit wie auch die spätere Umsetzung die koaktive Plattform.

Weitere Arbeiten, die sich mit neuen Formen koaktiver Unterstützungsfunktionen im Bereich der begrifflichen und räumlich-visuellen Repräsentation von Wissen befassen, stehen kurz vor dem Abschluss.



Service-orientierte Architektur für koaktive Wissensarbeit

## koPEP

### Kooperative Produktentstehungsprozesse



Produktentstehungsprozess-Modelle, wie beispielsweise vom Axor 2544, werden als intersubjektive Verständigungsbasis zwischen den Akteuren der verschiedenen Fachbereichswelten gesehen. (Quelle: Daimler AG, Stuttgart)

Produktentstehung, im englischsprachigen Forschungsdiskurs als „New Product Development (NPD)“ bezeichnet, umfasst alle Aktivitäten, die nötig sind, um ein Produkt von seiner ersten Idee zum Serienproduktionsstart zu führen. Produktentstehungsprozesse zeichnen sich insbesondere durch eine erhebliche Arbeits- bzw. Wissensintensität aus. Produktentstehung ist ein dynamischer und sozialer Prozess, da die Interaktionen verschiedener Fachbereiche (Entwicklung, Produktion, Lieferantenmanagement etc.) fortwährend aufeinander abgestimmt werden müssen.

Zur Komplexitätsreduktion in konkreten Produktprojekten werden Produktentstehungsprozess-Modelle (PEP-Modelle) eingesetzt. PEP-Modelle beschreiben was, wann, von wem, mit welchem Ziel und unter welchen (cross-) funktionalen Abhängigkeiten erarbeitet werden muss. PEP-Modelle dienen nicht nur als Instrument der Planung, Steuerung und zum Berichtswesen, sondern auch als intersubjektive Verständigungsbasis zwischen den Akteuren der verschiedenen „Fachbereichswelten“. Um PEP-Modelle basie-

rend auf dem Wissen der Organisation kontinuierlich verbessern zu können und dabei deren Nutzerakzeptanz zu steigern, wird im Rahmen des koPEP-Projektes ein Community basierter Ansatz des Geschäftsprozessmanagements erarbeitet. In einer zwölfmonatigen Entwicklungsphase wurde bei Daimler Trucks eine weltweit vernetzte Community von PEP-Experten etabliert und für deren Unterstützung eine Wikimanagement-Plattform angefertigt.

Diese Plattform besteht aus verschiedenen Web 2.0-Modulen (Wiki, Kontaktplattform, gemeinsamer Dateispeicher etc.), die allesamt prozessorientiert ausgerichtet sind. Entwurf und Programmierung dieser Plattform erfolgten in enger Zusammenarbeit der Fachgruppe Informatik und Gesellschaft mit Daimler Trucks.

Gegenwärtig wird der Ansatz in einer Pilotphase erprobt. Mit den Forschungsergebnissen soll ein Beitrag zur hypothesengeleiteten Technikgestaltung von Wikimanagement-Systemen geleistet werden. Aus dem Projekt sind neben der Plattform für kooperatives Management von Produktentstehungsprozess-Modellen mittels Web 2.0 Technologien bereits mehrere Publikationen hervorgegangen.

#### Projektpartner:

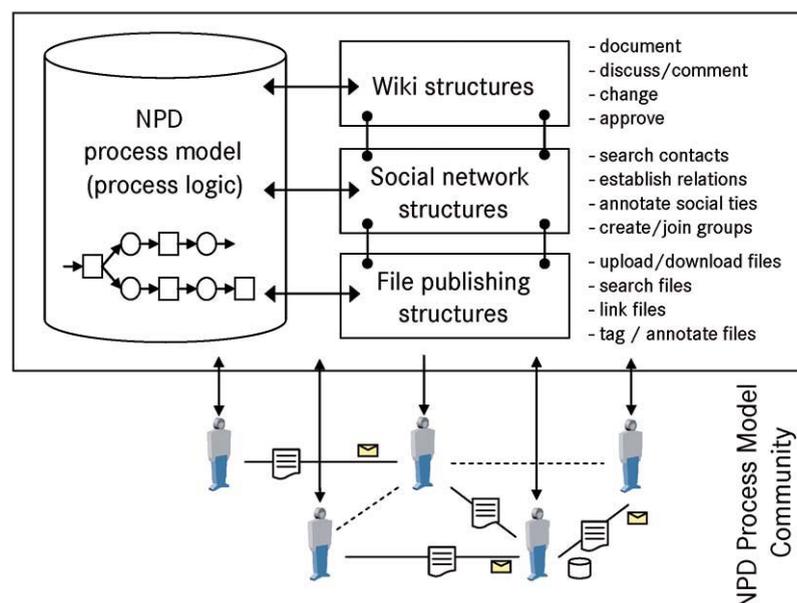
Daimler AG  
Stuttgart

#### Kontakt:

Dipl.-Inform. Andreas Oberhoff  
E-Mail: oberhoff@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 65 14

Dipl.-Inform., M.Sc. Kai Holzweißig  
E-Mail: Kai.Holzweissig@daimler.com  
Telefon: +49 (0) 1601868 0346  
Telefax: +49 (0) 711177 902 0197

<http://www.hni.uni-paderborn.de/iug>



# DAWINCI

## Mehr Durchlässigkeit für die Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie

Zum 1. März startete unter der Konsortialführerschaft der Universität Paderborn das dreijährige Projekt DAWINCI. Unter dem Namen „Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie“ geht es darum, ein Konzept zur Anschlussfähigkeit beruflicher Kompetenzen und Qualifikationen bei der Aus- und Weiterbildung zum Chemikanten bzw. Chemietechniker zu entwickeln, umzusetzen und in der Praxis nachhaltig zu verankern.

Seit der Initiierung des Bolognaprozesses stellen Probleme der Durchlässigkeit in der Bildung eine besondere Herausforderung dar. Statt der Definition ganzer in sich abgestimmter und damit zugleich abgeschlossener Curricula, tritt die Gestaltung und die Gestaltbarkeit individueller Lernwege in den Vordergrund. Mit der damit einhergehenden Modularisierung von Bildungs- bzw. Ausbildungsgängen ändern sich sowohl die Schnittstellen zwischen einzelnen Ausbildungsabschnitten als auch die Frage, wie passende Ausbildungseinheiten gefunden, erschlossen und dokumentiert werden können. Um dies zu ermöglichen, sollen in diesem Teilprojekt

- die anschlussrelevanten Lerninhalte identifiziert werden und die entsprechenden elektronischen Lernbausteine erarbeitet und in eine Lehr- und Lernumgebung integriert werden,
- die technisch-organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden, um die verschiedenen Anforderungen in

bestehende Web-Technologien umzusetzen,

- ein Kompetenzraster entwickelt werden, das die Anschlussfähigkeit und Verknüpfbarkeit von Lernleistungen sichert und
- ein System zum Lernportfoliomanagement entwickelt werden, das technisch, konzeptuell und inhaltlich sowohl die Anforderungen an die Dokumentation individueller Bildungswege als auch ihre Einbettung in Bildungs- und Ausbildungsstrukturen unterstützt.

Mit der Umsetzung dieser Ziele, insbesondere der organisatorischen, konzeptuellen und technischen Integration von Inhalten, Kompetenzen und neuen Lehr-/Lernformen, soll ein entscheidender Schritt zur Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung speziell in der chemischen Industrie erreicht werden.

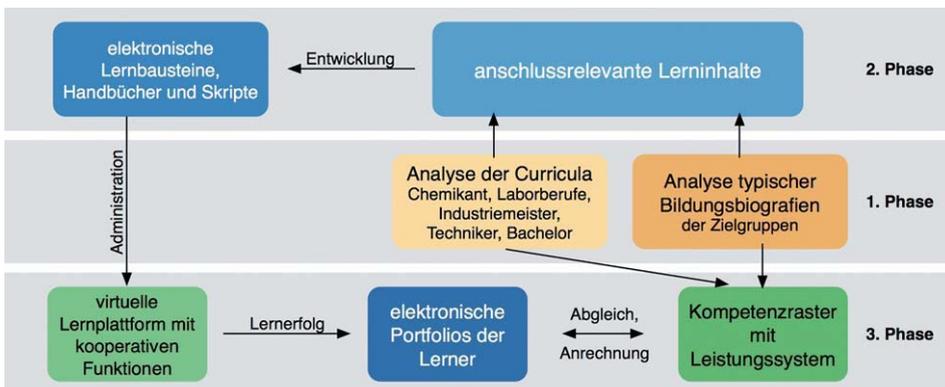
Mit der Frage der Kompetenzanalyse und -diagnostik beschäftigt sich die Arbeitsgruppe Prof. Schaper von der Universität Paderborn. Hier wird ein einheitliches Kompetenzraster der Chemieberufe entwickelt. Die Fachgruppe Informatik und Gesellschaft ist für die Umsetzung der Gesamtarchitektur und im Besonderen für die Ausprägung des Portfolioansatzes verantwortlich. Dieses Projekt soll unter anderem die chemische Industrie in die Lage versetzen, angesichts zunehmenden Fachkräftemangels den zusätzlichen Bedarf durch mehr Flexibilität sichern zu können.



Eintrittsseite der Projektplattform



Partner im Verbundprojekt DAWINCI



Dreistufiger Projektablauf

**Gefördert durch:**  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

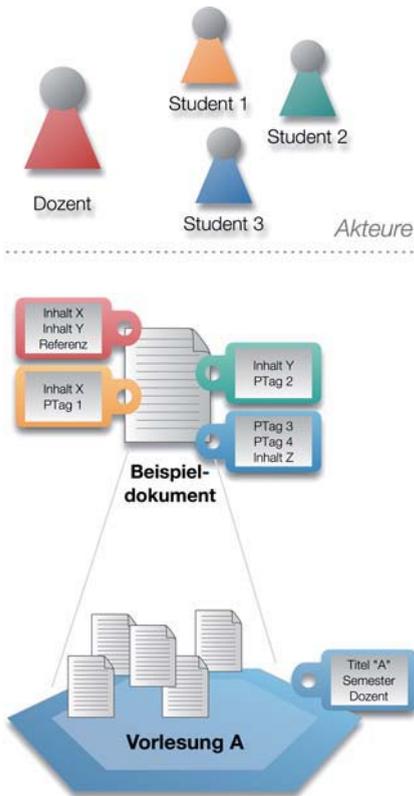
**Kontakt:**

Dipl.-Inform. Dominik Niehus  
E-Mail: niehus@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 64 15  
Telefax: +49 (0) 5251160 64 14

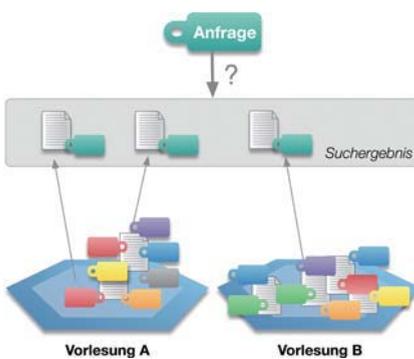
<http://www.dawinci-projekt.de>

# Kontextuelles Tagging

Identifikation neuer Unterstützungsfunktionen für die Wissensarbeit



Vorlesungsszenario mit Tags der Umgebung und von Nutzern hinzugefügten Tags



Suchanfrage anhand eines Tags nach Unterlagen über Vorlesungsgrenzen hinweg

Die heutigen Lern- und Arbeitsprozesse von Menschen verlangen eine weit reichende Unterstützung durch digitale Medien in unterschiedlichen Formen und Nutzungsarten. So steht bei der Wissensarbeit nicht alleine das Lernen und Arbeiten mit Hilfe einer computergestützten Lernumgebung im Vordergrund. Vielmehr sollen auch soziale Strukturen wie kleine Lerngruppen und Teams durch die Lernumgebung hinreichende Unterstützung beim Umgang mit digitalen Medien finden.

Insbesondere im Zuge einer immer weiter fortschreitenden Digitalisierung des Lebens und dem damit verbundenen Anwachsen der Datenbestände gewinnt die Verfügbarkeit von Erschließungsfunktionen an Bedeutung. Dabei ist die Ordnung von Inhalten durch Kategorien, Klassifikationsschemata, Taxonomien oder Ontologien ein bereits weit reichend untersuchtes Forschungsgebiet. Bei näherer Betrachtung aktueller Web-2.0-Entwicklungen und diverser Dienste kann man jedoch einen deutlichen Zuwachs in der Verwendung von Schlagwörtern, den so genannten Tags, zur Strukturierung von verschiedensten Webinhalten feststellen.

## Philosophie und Informatik

Das Ende des Jahres 2006 initiierte Gemeinschaftsprojekt „Philosophie und Informatik“ des Fachbereichs Philosophie der Universität Paderborn (Prof. Dr. Ruth Hagenhuber und Prof. Dr. Volker Peckhaus) und der Fachgruppe Informatik und Gesellschaft des HNI (Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil) hatte es sich zum Ziel gemacht, informationstechnische Ansätze für Lösungsstrategien der Wissensrepräsentation zu erarbeiten und deren Anwendungsrelevanz zu überprüfen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten sich anschließend auf das Konzept der virtuellen Wissensräume übertragen lassen, um so Kommunikation und Kooperationsmöglichkeiten in selbigen zu verbessern.

## Kontextuelles Tagging

Im Rahmen dieses Gemeinschaftsprojekts wurde in der Fachgruppe von Prof. Keil der Forschungsansatz verfolgt, Tagging in virtuelle Wissensräume zu integrieren, um so die durch die Räume vorgegebene Struktur zur Generierung neuer Tagvorschläge nutzbar zu machen. Das gemeinschaftliche Taggen von Ressourcen zur Kategorisierung hat sich als wertvolle Technik in vielen Online-Communities durchgesetzt. Durch die bereits gegebene Struktur der virtuellen Wissensräume ist es neben der Generierung von Vorschlägen möglich, eine Vererbung von Tags einzuführen, welche die Vergabe von Tags an Objekte für die Benutzer vereinfacht und beschleunigt. Gleichzeitig wird so das Vokabelproblem, d. h. die Verwendung verschiedener Wörter mit gleicher Bedeutung, welches insbesondere bei kleinen Benutzergruppen auftritt, verringert.

Anhand systematisch aufgestellter Nutzungsszenarios aus der universitären Lehre konnten sowohl aus der Sicht der Studierenden als auch der Lehrenden die Praxistauglichkeit untersucht und Mehrwerte für die jeweiligen Benutzergruppen bei der Wissensarbeit in den mit Tags versehenen Wissensräumen identifiziert werden. Gleichzeitig wurden Lösungsansätze skizziert und Designentscheidungen diskutiert, die Probleme und Fragestellungen im Hinblick auf eine Integration in eine bestehenden Wissensraum-Architektur aufgreifen.

Dieses entwickelte Konzept, welches den Namen „kontextuelles Tagging“ trägt, zeigt, dass erst durch die Kombination einer freien Vergabe von Tags durch die Nutzer und der Zuweisung von ergänzenden Tags aus der Umgebung, in der sich die zu taggenden Objekte befinden, eine neue Qualität in der Wissensarbeit entsteht.

### Kontakt:

Dipl.-Inform. Birger Kühnel  
E-Mail: birger@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 64 15  
Telefax: +49 (0) 5251/60 64 14

<http://www.hni.uni-paderborn.de/iug>

# Unified Collaboration

## Arbeiten mit virtuellen Wissensräumen

In vielen Bereichen wissenschaftlicher Forschung spielen die Erzeugung, Analyse und Präsentation von Bewegtbild eine entscheidende Rolle. Allerdings stellt die geringe Auflösung klassischer Videokomponenten Forschende vor erhebliche Herausforderungen. Entweder nehmen sie eine geringere Auflösung in Kauf, die zwangsläufig mit einem Qualitätsverlust in Bezug auf die Auswertungsmöglichkeiten verbunden ist. Oder sie müssen auf teure Speziallösungen ausweichen, die aber spezielles Wissen zur Nutzung erfordern und nicht durchgängig in verschiedenen Settings zur Verfügung stehen. Medienbrüche beim Übergang vom Labor zur Standardhardware am Arbeitsplatz sind vorprogrammiert und bringen sowohl Einschränkungen hinsichtlich der Bearbeitbarkeit als auch hinsichtlich der Präsentation und Verbreitung mit sich.

Eine zu geringe Auflösung ist für viele Forschungsfragestellungen höchst problematisch. Beispielsweise erfordert die Analyse von Videoaufzeichnungen im sozialen Bereich (z.B. bei Lehr-/Lernsettings) die Möglichkeit, auch in Überblicksbildern, auf denen mehrere Personen aufgezeichnet sind, noch Ausschnitte zu analysieren, die die Feinheiten mimischer Ausdrucksstile einzelner Personen genügend detailliert wiedergeben. Ähnlich hohe Anforderungen werden auch gestellt, wenn z.B. aufwändige 3-D Visualisierungen von Fahrsimulatoren aufgezeichnet werden sollen. Auch hier kommt es darauf an, Lichtverhältnisse und andere Umgebungsbedingungen detailliert genug aufzeichnen zu können.

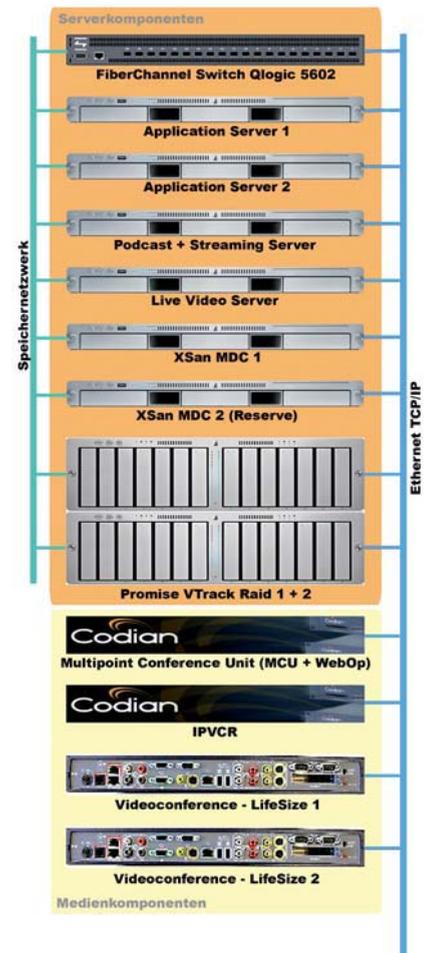
Neben der Auflösung und Bereitstellung von hoch auflösendem Video stellt die Frage nach adäquaten computergestützten kooperativen Forschungsprozessen ein weiteres Forschungsfeld dar, das erschlossen werden soll. So sollen Videostreams in die alltägliche Arbeitsumgebung von Forschenden integriert werden. Da Forschungsaktivitäten vielfältig mit kooperativen und kommunikativen Prozessen verwoben sind, reicht es nicht aus, isolierte Aufzeichnungs-, Speicher- und Abspielsysteme zu installieren. Vielmehr geht es darum, Videosequenzen zugänglich zu machen und sie verteilt zu

bearbeiten. Dazu sind virtuelle Arbeitsräume erforderlich, die es gestatten, Videostreams abzuspielen, sie zu annotieren, alternative Szenenfolgen zu erstellen (z.B. von einer Visualisierung mit unterschiedlichen Parametern) und diese vergleichend gegenüberzustellen.

Eine entscheidende Frage ist dabei, wie jeweils Videosequenzen unabhängig von ihrer Quelle mit anderen Daten so verknüpft werden können, dass die entstehenden Aggregate über einen langen Zeitraum verteilt bearbeitet werden können. Remote-Usability-Studien, die multimediale Evaluation von Unterricht, die kooperative Steuerung von Visualisierungsprozessen sowie die Diskursstrukturierung videobasierter Inhalte sind beispielhafte Szenarien aus dem HNI-Alltag und Einsatzbereiche mit jeweils unterschiedlichen Anforderungen und verschiedenen Forschungsfragestellungen.

Zur Unterstützung dieser „Unified Collaboration“ wurde eine Ausstattung beschafft, die die notwendige Grundlage für diese unterschiedlichen Forschungsaspekte bereitstellt. Aufbauend auf einem leistungsfähigen Serverkonzept werden alle Dienste auf verschiedene Server verteilt und über einen gemeinsamen Kommunikationsserver zur Verfügung gestellt. Neben den bereits integrierten Medien wie Audio-Chat und Whiteboardfunktion liegt eine wesentliche Erweiterung in der Integration von hochauflösenden Videostreamen.

Für jeden Mediendienst (Videokonferenz, VoIP, Recording, Streaming etc.) stehen spezielle Einheiten zur Verfügung, die ihre Arbeit im Verbund selbstständig und anwendungsunabhängig ausführen. Die Mediendienste belasten somit die vorhandenen Server nicht und werden durch die Hardwareunterstützung normgerecht auch Standardanwendungen wie z.B. Instant Messaging mit Videounterstützung zur Verfügung gestellt. Auf der anderen Seite sind die Server durch eine softwaremäßige Lastverteilung (Xgrid) auch später problemlos skalierbar an wachsende Anforderungen bezüglich der Rechen- und Speicherkapazität anpassbar.



Konfiguration der Kooperationsumgebung



Geräte- und ortsunabhängige Bereitstellung von Diensten in hoher Qualität

**Kontakt:**

Michael Utermoehle  
E-Mail: [mike@upb.de](mailto:mike@upb.de)

Telefon: +49 (0) 525160 66 66

Telefax: +49 (0) 525160 64 14

<http://www.hni.uni-paderborn.de/iug>



Moderne Rechnersysteme liefern in vielerlei Hinsicht erweiterte Anwendungsmöglichkeiten:

- Parallele Rechnernetze erlauben die Behandlung äußerst komplexer algorithmischer Probleme.
- Das Internet bietet die Möglichkeit zum weltweiten Informationsaustausch und hat sogar das Potential, als gigantischer Parallelrechner genutzt zu werden.
- Drahtlose Kommunikationssysteme erlauben sehr flexible Kommunikation auch zwischen mobilen Stationen.
- Hardware-Unterstützung für Graphikanwendungen ermöglicht Echtzeit-Navigation in sehr komplexen virtuellen Szenen.

Eine besondere Herausforderung stellen Rechensysteme dar, die aus unterschiedlichen Komponenten (z.B. unterschiedlich leistungsfähigen Prozessoren, Speichermedien oder Kommunikationssystemen) bestehen, und deren Struktur sich mit der Zeit verändert. Die algorithmischen Fragestellungen, die sich bei der Realisierung und effizienten Nutzung solcher heterogenen, dynamischen Systeme ergeben, stehen zurzeit im Zentrum unserer Arbeiten.

#### **Paralleles Rechnen: Peer-to-Peer basiertes Web Computing**

Rechnernetze können potentiell nahezu unbegrenzte parallele Rechenleistung zur Verfügung stellen, ihre effiziente Nutzung stellt jedoch ein extrem komplexes Problem dar. Die von uns entwickelte PUB-Bibliothek findet mittlerweile auch international Anwender. Unsere Web-Computing Bibliothek PUBWCL geht nun einen Schritt weiter und nutzt das Internet als Parallelrechner. Hier gehören insbesondere die auf einem Peer-to-Peer System basierende Konstruktion sowie die verteilte, auf der Basis von nur sehr beschränktem lokalem Wissen arbeitende Lastbalancierung zu den zentralen Herausforderungen.

#### **Computergrafik: Echtzeitnavigation in riesigen Szenen**

Um in einem virtuellen dreidimensionalen Raum navigieren und einen fotorealistischen Eindruck erzeugen zu können, werden u.a. enorme Ansprüche an Datenstrukturen gestellt, mit denen solche Szenen verwaltet, und mit denen Bilder gerendert werden. Ein derzeitiger Schwerpunkt liegt bei uns auf der Entwicklung von Methoden, zu gegebener Blickposition und -richtung in Echtzeit Entscheidungen über das in diesem Fall effizienteste der anwendbaren Rendering-Verfahren zu treffen. In einem ersten Schritt arbeiten wir an derartigen Methoden zur Unterstützung der Entscheidung ob es sich lohnt, Culling Verfahren einzusetzen. Zudem erproben wir unsere Ansätze in Anwendungen zur Produktionsplanung und -steuerung gemeinsam mit Partnern im Heinz Nixdorf Institut.

#### **Lokale Strategien in dynamischen Netzwerken: Die neue Herausforderung**

Dynamische Netzwerke, d.h. Netzwerke, in denen Knoten ihre (geometrische/geographische) Position mit der Zeit verändern können, spielen in vielen Bereichen eine wichtige Rolle. Sie tauchen z.B. als Datenstruktur für bewegliche Objekte in der Computergrafik, als Modelle für drahtlose, mobile Kommunikationsnetzwerke oder als Bewegungsmuster von Explorationen auf. Als Beispielproblem untersuchen wir die algorithmischen Probleme, die sich durch die Aufgabe ergeben, ein unbekanntes Gelände durch eine große Zahl von Robotern zu erforschen. Auch hier ist die Entwicklung von lokalen Strategien, die zu global gutem Verhalten führen, eine zentrale Herausforderung.

#### **Algorithmische Spieltheorie und Preisoptimierung**

Die kombinatorische Preisoptimierung umfasst eine Vielzahl natürlicher Optimierungsprobleme, die sowohl bei der Berechnung erlösmaximierender Produktpreise basierend auf Informationen über die Präferenzen potentieller Kunden als auch beim Design von Auktionsmechanismen in strategischen Szenarien – einem zentralen Problem der algorithmischen Spieltheorie eine Rolle spielen.

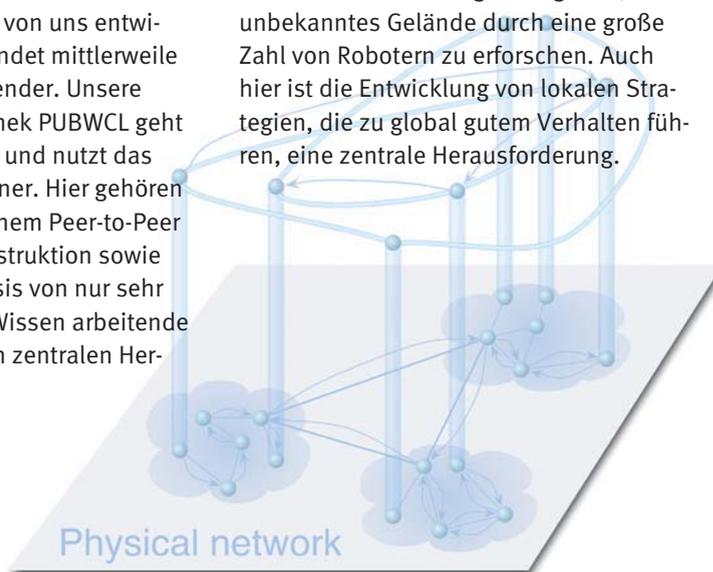
Wir betrachten diese Probleme vor allem unter algorithmischen Aspekten mit einem Fokus auf Methoden zur Approximation und Techniken zur Randomisierung – zweier zentraler Paradigmen im Bereich der Algorithmen und Komplexitätstheorie.

#### **Randomisierung: Eine grundlegende algorithmische Technik**

Unsere algorithmischen Arbeiten haben uns immer wieder gezeigt, dass die Nutzung von Randomisierungstechniken große Effizienzvorteile liefert. Daher setzen wir uns systematisch mit dem Potenzial von randomisierten Algorithmen auseinander und entwickeln bzw. nutzen Wahrscheinlichkeitstheoretische Methoden für ihre Analyse.

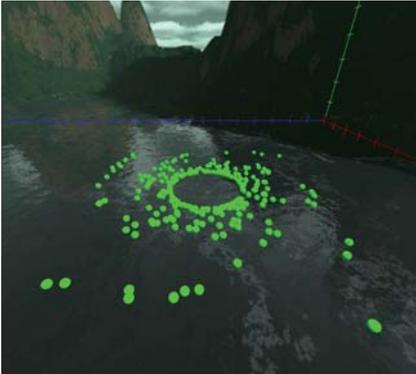
#### **Unsere Lehre: Eng mit der Forschung gekoppelt**

Unsere Lehrveranstaltungen vermitteln Methoden und Konzepte für die Entwicklung und Analyse effizienter Algorithmen. Wir veranstalten Projektgruppen und unterstützen Diplomarbeiten, die unsere theoretischen Einsichten weiterentwickeln und anwenden, um effiziente Algorithmen und Bibliotheken zu entwickeln.

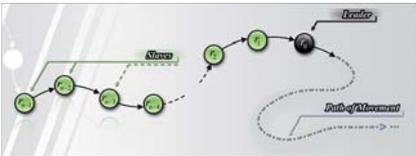


# Dynamische und heterogene Netzwerke

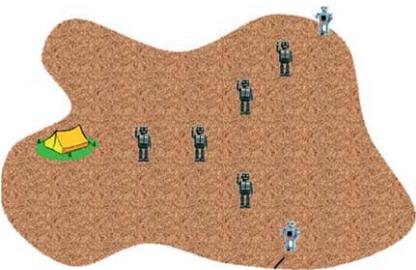
## Lokale Strategien für globale Aufgaben



Ein Schwarm bildet einen Kreis



Eine Kette folgt einem Anführer



Roboter bilden Kommunikationsnetzwerke

### Smart Teams

Wir betrachten eine Gruppe von Robotern, die sich in einem unbekanntem Gelände befindet und dort autonom agieren muss. Aufgaben in diesem Gelände umfassen unter anderem die Exploration des Geländes, die Erstellung und Aufrechterhaltung einer effizienten Kommunikationsinfrastruktur, sowie die Zuweisung von Aufgaben und Rollen innerhalb des Teams. Die Roboter sind in ihren Fähigkeiten eingeschränkt, in der Hinsicht, dass jeder Roboter nur einen kleinen Teil der bekannten Szene sehen kann.

Das bedeutet, dass jedes Teammitglied nur eingeschränkte Informationen hat und seine Entscheidungen anhand dieser Informationen treffen muss. Die Wahl zentraler Lösungen, die beispielsweise ein zentraler Steuerroboter berechnet, ist dadurch nicht möglich. Wir benötigen also komplett dezentrale Strategien, die trotzdem global gute Lösungen liefern. Die von uns vorgestellten Strategien liefern beweisbar global gute Lösungen und sind zusätzlich meist robust gegenüber transienten Fehlern und Ausfällen.

### Partikelschwärme

In der nahen Zukunft wird es Netzwerke aus großen Mengen winziger Artefakte geben, die in ihre Umgebung eingebettet sind und das Potential für weitreichende Berechnungen haben, auch wenn jedes

einzelne Partikelteilchen nur sehr geringe Fähigkeiten in Bezug auf Rechenleistung, Speicherplatz und Sensorik hat. Wir erforschen die algorithmischen Grundlagen solcher Systeme. Insbesondere interessiert uns, wie ein solches Netzwerk sich an die Umgebung anpassen kann, wenn die Umwelt sehr starken dynamischen Einflüssen unterworfen ist. Dann muss nicht nur die Kommunikationsinfrastruktur ständig angepasst werden, sondern auch die Zuweisung von einzelnen Partikeln zu Aufgaben in der Umwelt. Die zentrale algorithmische Herausforderung bei allen diesen Fragestellungen ist die Tatsache, dass die Partikel jeweils nur eine sehr beschränkte Sicht auf die Welt haben und daher sämtliche Strategien ausschließlich lokal sein müssen. Ziel sind weiterhin beweisbar gute globale Lösungen.

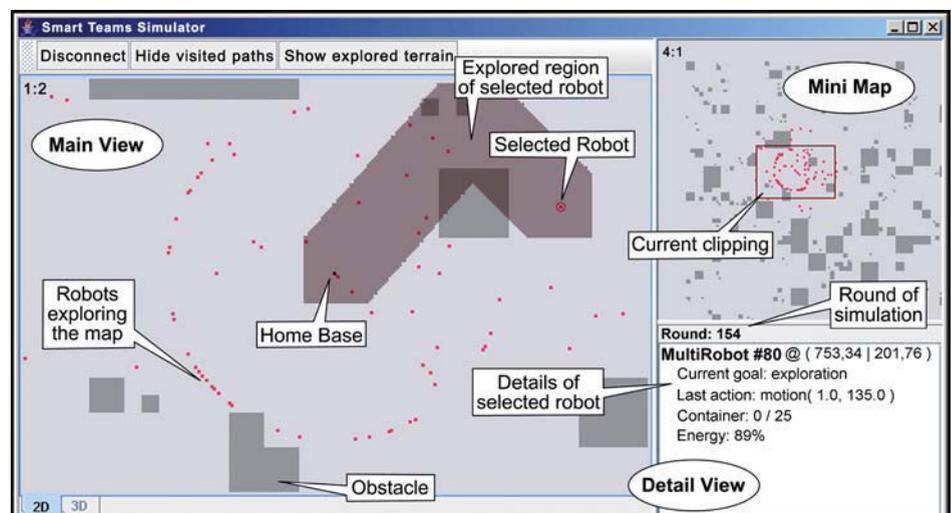
Eine weitere Fragestellung, mit der wir uns in diesem Zusammenhang auseinandergesetzt haben, ist die Entstehung und Aufrechterhaltung von Formationen. Die Partikel haben hier die Möglichkeit sich aktiv zu bewegen. Wieder sieht jedes Teilchen nur seine Nachbarschaft. Wir untersuchen, ob es trotz dieser Einschränkung möglich ist die Partikel so anzuordnen, dass sie beispielsweise im Ganzen eine Kugel ergeben oder welche Fähigkeiten die Teilchen benötigen, um sich an einem Ort zu versammeln.

**Gefördert durch:**  
 DFG-Smart Teams  
 EU-FRONTS  
 IGS

**Kontakt:**  
 Dipl.-Inform. Bastian Degener  
 E-Mail: Bastian.Degener@upb.de  
 Telefon: +49 (0) 5251160 64 69

Dipl. Wirt. Inf. Barbara Kempkes  
 E-Mail: barbaras@upb.de  
 Telefon: +49 (0)5251160 64 69  
 Telefax: +49 (0)5251160 64 82

<http://www.hni.uni-paderborn.de/alg>



Screenshot des Smart Teams Simulators

# Dynamische und heterogene Netzwerke

## Peer-to-Peer basierte Systeme

### Komplexe Peer-to-Peer Netzwerke

Peer-to-Peer Netzwerke gehören zur Klasse der Overlay-Netzwerke, d.h. für die Kommunikation zwischen den Netzwerkteilnehmern (Peers) wird ein darunter liegendes, physikalisches Netzwerk (zumeist das Internet) verwendet. Eine besondere Eigenschaft ist die symmetrische Funktionalität der Peers, d.h. jeder Peer agiert sowohl als Server als auch als Client.

Kategorisiert man Peer-to-Peer Netzwerke aus algorithmischer Sicht, bilden unstrukturierte Netzwerke, in denen jeder Peer einen lokalen Index seiner eigenen Daten verwaltet, und Netzwerke auf Basis von verteilten Hash-Tabellen (DHT), in denen ein globaler Index mit Hilfe von Hash-Funktionen über alle Peers verteilt wird, die beiden Extrempunkte des Spektrums. Unstrukturierte Netzwerke zeichnen sich durch ihre Einfachheit, Robustheit und Unterstützung komplexer Anfragen aus. Jedoch existieren keine effizienten Such-Algorithmen für unstrukturierte Netzwerke. Andererseits, bieten DHT basierte Netzwerke effiziente Such-Algorithmen mit typischerweise logarithmischer Hop-Distanz und besitzen eine effiziente Last-Balancierung. Jedoch sind Suchanfragen durch die Verwendung von Hash-Funktionen auf Punkt-Anfragen beschränkt.

Ziel unserer Forschung ist die Entwicklung von Peer-to-Peer Netzwerken, die komplexe Anfragen effizient umsetzen und zugleich effiziente Last-Balancierung bieten. Unser Ansatz ist eine Kombination von unstrukturierten Netzwerken und DHTs im so genannten 3nuts Netzwerk: unstrukturierte Zufallsnetzwerke werden als zentrale Komponente für Nachrichtenaustausch und Robustheit verwendet, ein Suchbaum für effiziente Anfragen und DHTs für Last-Balancierung. Bei der Entwicklung von 3nuts standen algorithmische Aspekte stets im Vordergrund. So wurden Effizienz der Lastbalancierung, Schnelligkeit des Datenzugriffs und Robustheit rigoros analysiert.

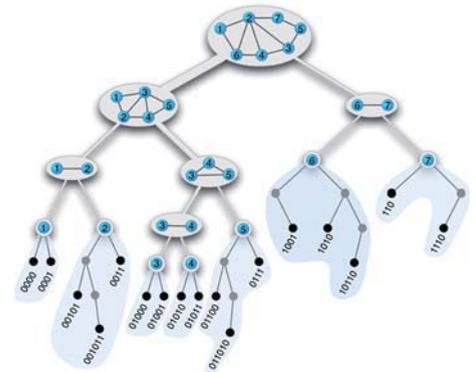
### Peer-to-Peer basiertes paralleles Rechnen

Möchte man komplizierte Berechnungen durchführen, wie z.B. die Entwicklung des Wetters vorhersagen, benötigt man oft so viel Rechenleistung, dass man nicht darauf warten kann, bis ein herkömmlicher PC das Ergebnis geliefert hat. Üblicherweise werden hierzu dann große, teure Parallelrechner angeschafft. Doch da in vielen Unternehmen hunderte von PCs im Alltagsbetrieb nur geringfügig ausgelastet sind, liegt es nahe, diese schlummernde Rechenkapazität für solche komplexen Berechnungen zu nutzen und somit hohe Investitionskosten zu sparen.

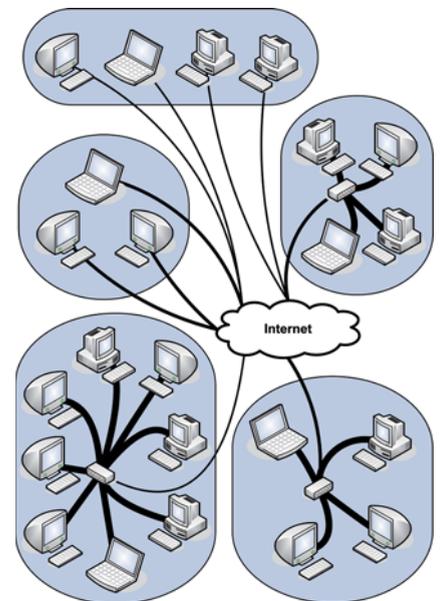
Weil diese PCs jedoch nicht garantiert durchgängig eingeschaltet und unausgelastet sind, muss eine Management-Software, die diesen PC-Verbund als Parallelrechner nutzt, flexibel auf Veränderungen der Rahmenbedingungen reagieren können und fehlertolerant gegenüber dem Ausfall einzelner Komponenten sein.

Die im Heinz-Nixdorf-Institut entwickelte Paderborn University BSP-based Web Computing (PUB-Web) Library leistet das: Intelligente Lastbalancierungsalgorithmen verteilen die parallelen Prozesse auf die PCs gemäß der jeweils aktuell verfügbaren Rechenleistung, und automatisierte Sicherungskopien der Prozesszustände garantieren die unterbrechungsfreie Fortsetzung des parallelen Programms, selbst wenn einzelne PCs unerwartet ausfallen.

Aus je mehr Abteilungen eines Unternehmens PCs in das PUB-Web System eingebunden sind, eine desto größere Rolle spielen die Netzwerkverbindungen zwischen den einzelnen PCs (noch viel größer wird dieser Einfluss sogar, wenn man das Szenario auf das Internet ausdehnt). Deshalb haben wir ein intelligentes Clustering-Verfahren entwickelt, welches die PCs des PUB-Web Netzwerks so gruppiert, dass alle PCs innerhalb einer Gruppe mit (in etwa gleich) hoher Bandbreite untereinander verbunden sind.



Struktur des 3nuts Netzwerks



Clustering des PUB-Web Netzwerks

Gefördert durch:  
AEOLUS

Kontakt:

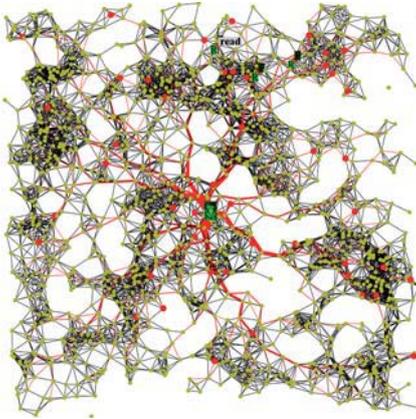
Dipl.-Inform. Peter Mahlmann  
E-Mail: mahlmann@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 64 33

Dipl.-Inform. Joachim Gehweiler  
E-Mail: joge@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 64 34  
Telefax: +49 (0) 5251160 64 82

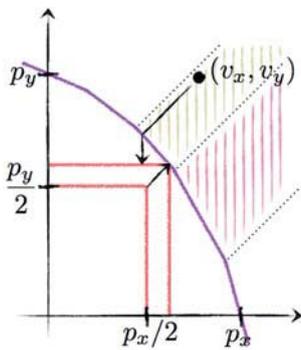
<http://www.hni.uni-paderborn.de/alg>

# Dynamische und heterogene Netzwerke

## Ressourcenverwaltung und Allokationsmechanismen



Simulation eines Datenverwaltungssystems in einem mobilen ad-hoc Netzwerk



Lotterien als Konzept der Randomisierung in der mehrdimensionalen Preisoptimierung.

### Ressourcenverwaltung

In einem verteilten System müssen sich die Teilnehmer häufig global Daten teilen. Dabei muss einerseits dafür gesorgt werden, dass eine Leseanfrage, auch falls mehrere Kopien vorhanden sind, immer den aktuellen Stand der Daten liefert. Andererseits sollen die Zugriffe auf die Daten möglichst geringe Kosten verursachen. Um dies zu erreichen muss ein Datenverwaltungssystem Kopien so im Netzwerk verteilen, dass sie zwar möglichst nahe an den zugreifenden Knoten liegen, aber gleichzeitig eine Aktualisierung der Daten nicht zu teuer wird. Insbesondere beschäftigen wir uns mit der Datenverwaltung in mobilen ad-hoc Netzwerken. Die primäre Kopie der Daten liegt dabei in einem kabelgebundenen Netzwerk, das über mehrere Access Points mit dem mobilen ad-hoc Netzwerk verbunden ist. Die mobilen Knoten können auf die Daten lesend und schreibend zugreifen. Das Ziel des Datenverwaltungssystems besteht darin Kopien so anzulegen und zu löschen, dass der Energieverbrauch für die Kommunikation im mobilen Netzwerk möglichst gering ist. Die wesentlichen Herausforderungen dabei sind die sich ständig verändernden Kommunikationswege und, dass nicht bekannt ist, welche Anfragen in Zukunft gestellt werden. Wir untersuchen dieses Problem sowohl theoretisch als auch mittels Simulation.

### Ressourcenallokation

Verteilte Systeme setzen sich häufig aus einer Vielzahl autonomer Teilsysteme zusammen, die um vorhandene Ressourcen konkurrieren. Um eine zuverlässige Funktion des Gesamtsystems zu garantieren,

werden für die Ressourcenallokation Protokolle (oder Mechanismen) benötigt, die nicht nur effiziente Verteilungen bestimmen, sondern allen beteiligten Teilsystemen Anreize zur Kooperation liefern. Darüber hinaus ist häufig ein gewisses Maß an Fairness gewünscht, etwa durch Festlegung allgemein gültiger Preise für die Ressourcennutzung. Wir befassen uns hier vorrangig mit der Frage nach effizienten Algorithmen für die kombinatorische Preisoptimierung, also der Berechnung erlösmaximierender Preise für die Allokation von Ressourcen an Agenten mit möglicherweise hochkomplexen Präferenzstrukturen. Diese Algorithmen bilden unter anderem den Kern vieler aktueller hoch-dimensionaler Auktionsmechanismen in strategischen Szenarien, einem zentralen Bereich der algorithmischen Spieltheorie und Mikroökonomie.

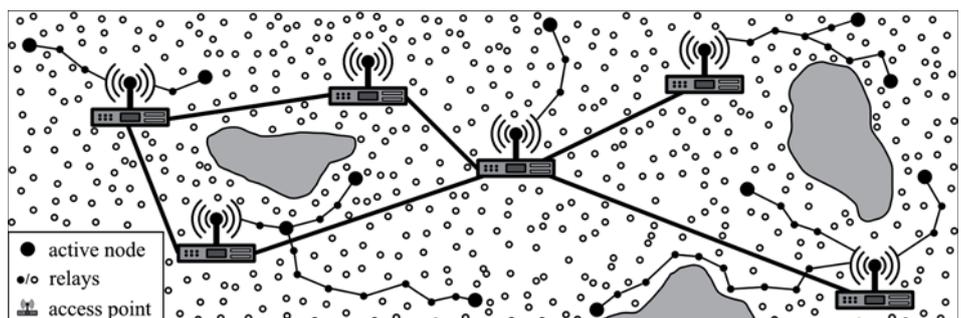
In Abhängigkeit vom verwendeten Modell ergibt sich eine Vielzahl von Optimierungsproblemen mit reichhaltiger kombinatorischer Struktur von gravierend unterschiedlicher Komplexität. Unsere aktuellen Arbeiten in diesem Bereich befassen sich etwa mit dem Entwurf von Approximationsalgorithmen für diesen Problemtyp, d.h. Algorithmen, die in der Lage sind näherungsweise optimale Lösungen effizient zu bestimmen, und dem Beweis entsprechender unterer Schranken. Darüber hinaus analysieren wir den Nutzen von Randomisierung – einem zweiten zentralen Designparadigma im Bereich der effizienten Algorithmen – bei der Preisoptimierung und im Mechanismendesign.

**Gefördert durch:**  
DFG-Smart Teams  
FRONTS  
PaSCo-GK

**Kontakt:**  
Dipl.-Inf. Jan Mehler  
E-Mail: Jan.Mehler@upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 64 33

Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Patrick Briest  
E-Mail: Patrick.Briest@upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 64 57  
Telefax: +49 (0) 525160 64 82

<http://www.hni.uni-paderborn.de/alg>



Datenverwaltung in einem mobilen ad-hoc Netzwerk, das durch eine stationäre Infrastruktur unterstützt wird.

# Algorithmen in der Computergrafik

## Automatische Selektion von Renderingalgorithmen

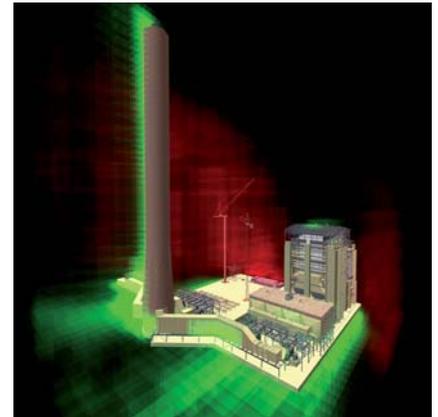
Im Bereich der Leistungsfähigkeit von Grafikhardware ist der Wachstumstrend seit Jahren ungebrochen. Die Darstellung hochkomplexer virtueller 3D-Szenen, wie sie etwa im CAD-Bereich entstehen, stellt trotzdem auch weiterhin eine algorithmische Herausforderung dar. Um sich in Echtzeit frei durch eine virtuelle Fabrikhalle, modelliert aus etlichen Millionen Polygonen, bewegen zu können gibt es unterschiedliche Verfahren zur Bildberechnung. Occlusion-Culling-Algorithmen werden eingesetzt, um verdeckte Bereiche der Szene zu erkennen und so die Anzahl der berechneten Bilder pro Sekunde zu erhöhen. Die Occlusion-Culling-Algorithmen können jedoch auch einen zusätzlichen Overhead erzeugen, so dass ihr Einsatz, je nach Standpunkt und Blickrichtung des Betrachters in der Szene, auch kontraproduktiv sein kann. Abhängig von der aktuellen Betrachterposition und der eingesetzten Hardware werden unterschiedliche Methoden eingesetzt, um eine flüssige Navigation durch die Szene zu gewährleisten. Unsere Forschung zielt auf die Entwicklung von Methoden ab, welche die für die Effizienz von Renderingalgorithmen relevanten Charakteristika der Szene extrahieren und zur Laufzeit automatisch geeignete Verfahren auswählen und anwenden. Ein Anwendungsszenario ist das Rendering auf Mehrkanalprojektionssystemen, bei denen gleichzeitig mehrere Blickrichtungen mit unterschiedlichen, automatisch ausgewählten Algorithmen dargestellt werden.



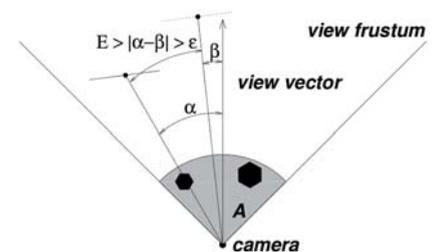
Richtungsabhängiges Rendering auf der Powerwall des HD-Visualisierungszentrums für Virtual Prototyping und Simulation

## Paralleles Rendering

Eine andere Möglichkeit hochkomplexer dreidimensionaler Szenen in Echtzeit darzustellen ist der Einsatz eines Rechenclusters, bei dem viele PCs ein Bild parallel berechnen. Wir entwickeln Methoden für heterogene Rechencluster, die Rechenknoten mit schwacher wie auch Rechenknoten mit leistungsfähiger Grafikhardware gleichermaßen enthalten. Unsere Algorithmen müssen ihre Berechnungen so geschickt aufteilen, dass Rechenknoten ohne leistungsstarke Grafikhardware ebenso geeignete Teilaufgaben bekommen, wie die Rechenknoten mit leistungsstarker Grafikhardware. Eine von uns neu entwickelte Technik sind die sogenannten Reliefboards. Die Methode ersetzt komplexe Bereiche der Szene durch dynamisch erzeugte Ersatzrepräsentationen mit viel geringerer Komplexität. Dies sind Oberflächenreliefs, welche nur die dem Betrachter zugewandte Seite eines Objektes räumlich darstellen. Die Reliefs werden auf Anforderung von den schwachen Rechnern berechnet, an die starken Rechner gesendet und dort dargestellt. Diese Ersatzrepräsentationen können für mehrere Bilder von ähnlichen Standpunkten verwendet werden, bevor sie aktualisiert werden müssen. Einen besonderen Schwerpunkt legen wir auf die Untersuchung der Frage, wie die Rechenlast auf die einzelnen Rechenknoten verteilt werden kann, so dass die Gesamtrechenzeit möglichst gering wird.



Powerplant-Szene mit farbig eingeblendeter Szeneneigenschaft „Anzahl sichtbarer Objekte“



Wird durch Bewegung ein gewisser Bildfehler überschritten, müssen die Reliefboards aktualisiert werden.

**Gefördert durch:**  
PaSCo-GK  
ViProSim  
DFG-AVIPASIA  
DFG-AlgoEngCG

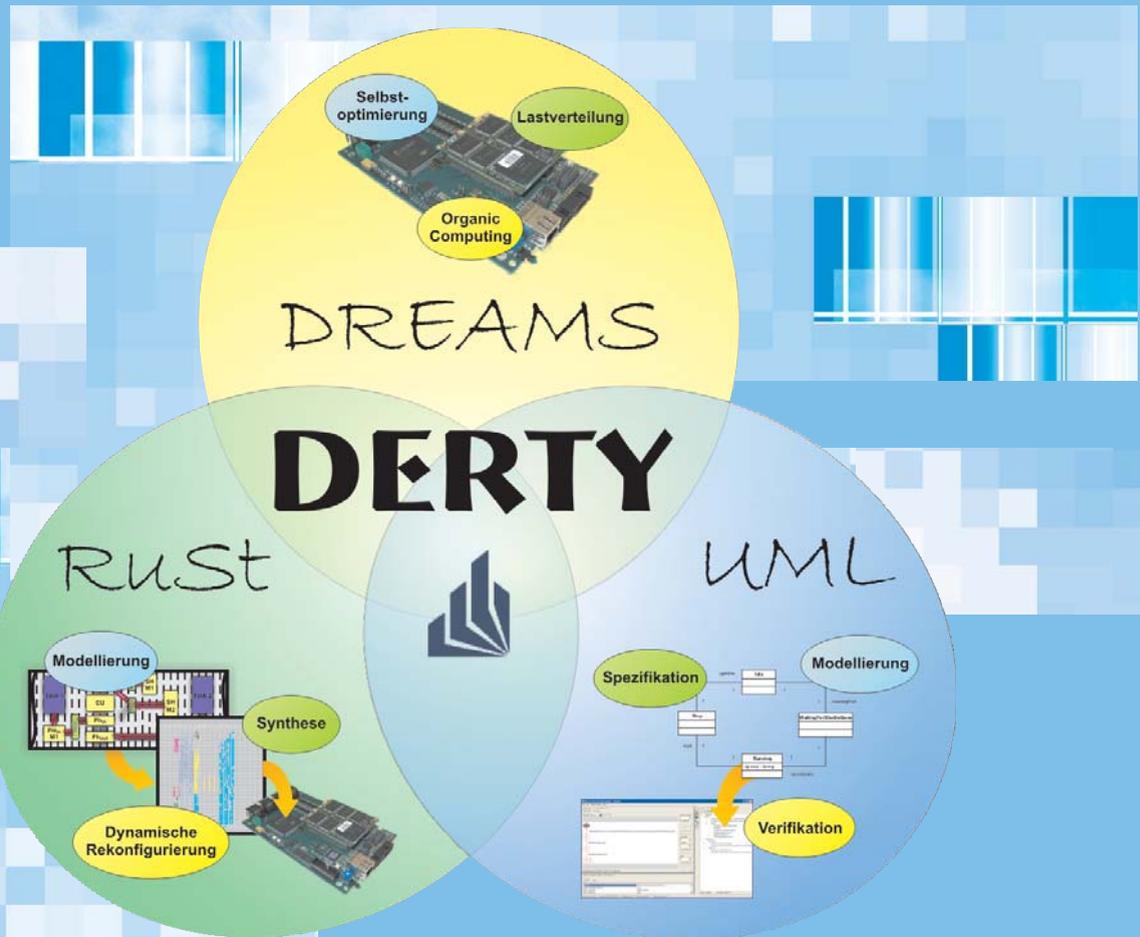
**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Claudius Jaehn  
E-Mail: [claudius@upb.de](mailto:claudius@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525 1160 64 51

Dipl.-Inform. Tim Süß  
E-Mail: [tsuess@upb.de](mailto:tsuess@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525 1160 64 28  
Telefax: +49 (0) 525 1160 64 82

<http://www.hni.uni-paderborn.de/alg>

# Entwurf Paralleler Systeme

## Entwurf Paralleler Systeme



## Verteilte Eingebettete Realzeitsysteme werden beherrschbar

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

Informatik ist überall, vom Mobiltelefon bis zu komplexen Fabrikationsanlagen ist heute die Welt informatisiert. Mehr als 20 Milliarden Mikroprozessoren und die darauf laufende Software steuern als „Eingebettete Systeme“ was immer uns als Technik umgibt. Die Arbeitsgruppe „Entwurf Paralleler Systeme“ stellt sich der zentralen wissenschaftlichen Herausforderung, den Entwurfsprozess eingebetteter Realzeitsysteme (engl. Distributed Embedded Real-time Systems) über alle Phasen und Aspekte durchgängig zu gestalten.

Moderne IT-Konzepte können in allen technischen Artefakten beobachtet werden, wobei diese Artefakte tendenziell immer enger vernetzt werden. Dadurch entsteht eine Cyber Biosphere (CBS), die einen neuen „Organismus“ ungeahnter Komplexität erzeugt. Dieser „Organismus“, bestehend aus Computern, Netzwerken, Systemsoftware und Anwendungssoftware, zeichnet sich durch Komplexität, Heterogenität und hochgradige Volatilität aus.

Objekte der Cyber Biosphere interagieren intensiv, so wie es ihre biologischen Entsprechungen seit Milliarden von Jahren tun. Um diesen Organismus beherrschen zu können, sind völlig neuartige Entwurfs- und Betriebsparadigmen zu entwickeln. In der Fachwelt werden zur Beherrschung derartiger Systeme Begriffe wie „Autonomic Computing“, „Organic Computing“, „Self Coordination“ oder „Biologically Inspired Computing“ diskutiert. Aus unserer Sicht charakterisiert der Begriff Cyber Biosphere das so entstehende globale System am besten. Wir stellen uns weiterhin der Herausforderung für dieses Szenario, das in einer mehr technischen Begriffswelt als verteilte eingebettete Realzeitsysteme (engl. **D**istributed **E**mbodied **R**eal-time **S**ystems, **DERty**) charakterisiert werden kann, wesentliche Komponenten für die Beherrschung dieses entstehenden informatischen Organismus bereitzustellen. Dabei konzentrieren wir uns derzeit auf drei Hauptthemen:

**DERty UML:** Spezifikation, Modellierung, Testen und formale Verifikation

**DERty DREAMS:** Komponentenbasierte verteilte Realzeitbetriebssysteme

**DERty RuSt:** Rekonfigurierbare Hard- und Softwaresysteme

Der Entwurf komplexer Systeme erfordert Prozesse, die auf der Ebene abstrakter Modelle einsetzen. In den letzten Jahren hat sich die **Unified Modeling Language (UML)** als Modellierungsstandard herausgebildet. Wir arbeiten an Modifikationen und Erweiterungen in Richtung

Realzeit und dem Entwurf hochgradig verteilter Systeme. Wir verfolgen darüber hinaus auch alternative Ansätze. Aspektorientierung wird derzeit im Modellierungsumfeld intensiv diskutiert, in neuerer Zeit auch im Bereich eingebetteter Realzeitsysteme. In Kooperation mit der UFRGS in Porto Alegre, Brasilien, untersuchen wir Techniken, diesen Ansatz im **DERty**-Kontext zu unterstützen.

Ein modellbasierter Ansatz eröffnet auch neue Potentiale für einen systematischen Test. Wir setzen sehr früh an, in der Phase, in der ein initiales Modell auf der Basis von Anforderungen entwickelt wird. Eine semantisch präzise verankerte Modellierung erlaubt zudem eine formale Verifikation. Hier konzentrieren wir uns auf Laufzeit-Verifikation mittels On-the-Fly Model Checking. Dies eröffnet Potentiale für zusätzliche Sicherheitskontrollen, insbesondere für Systeme mit immanenter Emergenz.

Realzeitanwendungen werden in der Regel auf Realzeitbetriebssysteme (RTOS) aufgesetzt. **DREAMS (Distributed Real-time Extensible Application Management System)**, unser feingranular konfigurierbares RTOS wurde einem kompletten Redesign unterworfen und heißt nun **ORCOS (Organic Reconfigurable Operating System)**. **ORCOS** zeigt extrem kurze Reaktionszeiten und zeichnet sich durch einen sehr kleinen Footprint aus. Es wurde Open Source gestellt. Derzeit wird **ORCOS** in Richtung Selbstoptimierung und Virtualisierung erweitert. Wir integrieren ein Online-Model-Checking als Systemdienst in unseren RTOS-Baukasten. Eine weitere wichtige Entwicklungsrichtung, die wir verfolgen, zielt in Richtung hochgradig verteilter Anwendungen mit dynamischer Kommunikationsstruktur („Intelligente Herden“). In unserem experimentellen RTOS namens **NanoOS** werden RTOSDienste so verteilt, dass bei minimaler Ressourcennutzung alle nachgefragten Systemdienste effizient erbracht werden können. Diese Lösungen werden eingesetzt um hochzuverlässige

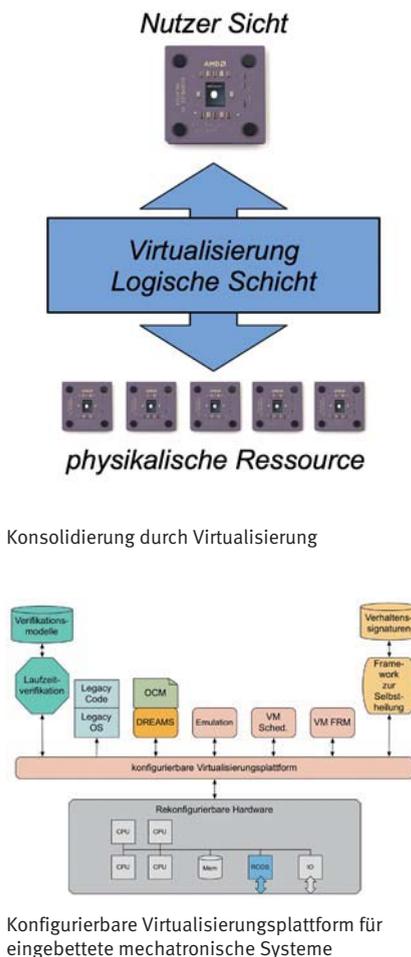
Hardware, neuartige Sensornetze oder adaptive Produktionssteuersysteme zu realisieren. Derzeit untersuchen wir, wie dieser Ansatz für Selbstheilungsdienste einer darunter liegenden autonomen Hardwareplattform genutzt werden kann.

Es liegt nahe, die zugrunde liegende Hardware ebenfalls rekonfigurierbar auszulegen. Diese Richtung verfolgt unsere Gruppe **DERty RuSt (Reconfigurable Systems)**. Nachdem wir mit Part-E eine durchgängige Werkzeugkette erarbeitet haben, die insbesondere die Möglichkeiten einer partiellen oder vollständigen Rekonfiguration zur Laufzeit unterstützt, untersuchen wir derzeit sogenannte Algorithmische Skelette einzusetzen, um den Entwurf rekonfigurierbarer Hardware zu unterstützen und gleichzeitig die Qualität der Implementierungen zu heben. Dynamisch rekonfigurierbare Hardware beinhaltet natürlich auch zusätzliche Gefahrenmomente. Prinzipiell ist es schwierig zu unterscheiden, ob eine Strukturänderung Folge eines Fehlverhaltens oder einer gewollten Rekonfiguration ist. Hier arbeiten wir mit Methoden der künstlichen Immunsysteme daran, adaptive und zugleich robuste Systeme zu realisieren. Dabei wird die Rekonfigurierbarkeit der Hardware offensiv ausgenutzt indem Antimaßnahmen gegen Fehlfunktionen durch gezielte Rekonfiguration emergent entstehen können. Dies folgt der Inspiration durch biologische Immunsysteme.

Unsere drei Forschungsbereiche **DERty UML**, **DERty DREAMS** und **DERty RuSt** hängen eng zusammen. Darüber hinaus untersuchen wir Anwendungen auf unterschiedlichen Feldern wie selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus, mobile ad hoc Netze bis hin zu bildverarbeitungs-basierten Emotionserkennungssystemen.

# Virtualisierung

## Innovative Konzepte in Eingebetteten Systemen



Das Konzept der Virtualisierung ist in dem Anwendungsfeld Datenspeicher schon länger bekannt. Grundsätzlich bedeutet es, dass die physikalische Komplexität und Beschaffenheit einer Ressource vor dem Nutzer der Ressource verborgen bleibt. Eine Eigenschaft, welche eine hohe Flexibilität in der Nutzung der Ressourcen verspricht. In dem Umfeld der Echtzeit Betriebssysteme erzeugt dieses Konzept auch Probleme.

Eine direkte Übertragung aktueller Virtualisierungstechniken auf eingebettete selbstoptimierende mechatronische Systeme ist nicht möglich, da diese Techniken aus dem Bereich der Server-Konsolidierung stammen. Die wesentlichen Ziele dabei sind Ressourcenauslastung und Sicherheit. Im Rahmen des SFB 614 muss die Virtualisierungsplattform der hohen Dynamik selbstoptimierender Systeme gerecht werden und sich entsprechend anpassen können, aber zusätzlich den Echtzeit- und Effizienzbedingungen genügen, die für eingebettete Systeme üblich sind. Die Beschränkungen selbstoptimierender Systeme sind im Rahmen der Entwicklung aktueller Virtualisierungstechniken noch nicht berücksichtigt worden und werden derzeit im Rahmen des SFB 614 erarbeitet.

### Anwendungsfeld Mechatronische Systeme

Der Einsatz einer Virtualisierungsplattform für eingebettete mechatronische Systeme erlaubt eine sehr hohe Flexibilität, die insbesondere in selbstoptimierenden eingebetteten Systemen notwendig ist. Diese Flexibilität wird dadurch erreicht, dass mehrere virtuelle Maschinen dynamisch auf ein reales System abgebildet werden können, wobei sowohl eine temporale als auch eine räumliche Tren-

nung der Systeme erreicht werden kann. Die Trennung durch die Virtualisierung ermöglicht zudem eine Isolation zwischen gleichzeitig vorhandenen virtuellen Maschinen der Virtualisierungsplattform. Die Isolation führt dazu, dass Fehler sich nicht über die Grenzen einer virtuellen Maschine ausbreiten können.

Zwischen den virtuellen Maschinen wird der Informationsfluss kontrolliert, um sicherzustellen, dass keine unerwünschte Kommunikation zwischen virtuellen Maschinen auftritt. Vorhandene Hardware kann sicher partitioniert werden und nur den gewünschten virtuellen Maschinen zugänglich gemacht werden. Insgesamt wird die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems durch den Einsatz einer Virtualisierungsplattform drastisch gesteigert.

Virtualisierung ermöglicht zusätzlich zur Steigerung der Sicherheit und Zuverlässigkeit die Unterstützung für heterogene Betriebssystemumgebungen, um den konkurrierenden Anforderungen nach High-Level APIs für die Applikationsentwicklung, Echtzeitbedingungen und Unterstützung für Legacy-Software gerecht zu werden. Zu nennen sind hier beispielsweise die im SFB 614 entwickelten High-Level APIs für selbstoptimierende Agenten, die harten Echtzeitbedingungen der Regelungsalgorithmen sowie die Unterstützung von Betriebssystemen wie z.B. Linux als Plattform für Optimierungsalgorithmen. Ebenso wird die Skalierbarkeit auf Hardwareressourcen verbessert, da diese durch die Virtualisierungsplattform den unterschiedlichen virtuellen Maschinen nach Bedarf zugewiesen werden können. Dies bietet sich insbesondere beim Einsatz von MPSoC an, da in diesem Fall nicht die eingesetzten Betriebssysteme auf die vorhandenen Ressourcen angepasst werden müssen.

#### Gefördert durch:

SFB 614 Teilprojekt C2

#### Kontakt:

Dipl.-Inform. Timo Kerstan  
 E-Mail: [timo.kerstan@hni.upb.de](mailto:timo.kerstan@hni.upb.de)  
 Telefon: +49 (0) 525160 65 15  
 Telefax: +49 (0) 525160 65 02

<http://www.hni.uni-paderborn.de/eps>

### Autonome Integrierte Systeme

In den heutigen Produkten werden für die elektronischen Kommunikationsknoten häufig „Multi Processor Systems on Chip“ (MPSoC) eingesetzt. Robustheit, Zuverlässigkeit und Sicherheit sind notwendige Anforderungen an gegenwärtige MPSoC. Die sich ergebenden Herausforderungen können nur durch die Verwendung neuartiger, autonomer, selbstorganisierender Prinzipien für die Hardware und Software bewältigt werden.

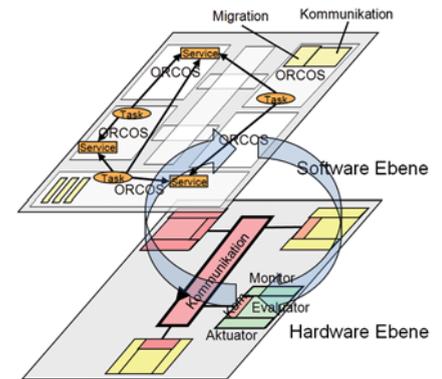
Zusätzlich zu Fehlererkennungsmechanismen, Korrekturmethode und entsprechenden autonomen Elementen für eine MPSoC-Plattform, ist daher die Entwicklung eines autonomen Betriebssystems, das ebenfalls nach den Prinzipien der Selbstorganisation funktioniert, erforderlich. Für dieses Ziel wurde das in der Fachgruppe entwickelte Betriebssystem ORCOS um reflexive autonome Komponenten erweitert, welche es effizient erlauben Dienste transparent über mehrere Knoten zu verteilen, auf Fehler zu reagieren und unter Echtzeitbedingungen zu migrieren. Die Verwendung von fehlererkennender und korrigierender Hardware ermöglicht es zudem dem Betriebssystem bereits frühzeitig, vor dem Ausfall des Systems, geeignete Aktionen durchzuführen, um den weiteren Betrieb des Netzwerkes zu garantieren.

Im Zusammenhang mit diesem Vorhaben wurden zusätzlich Virtualisierungskonzepte erforscht und die echtzeitfähige Virtualisierungsplattform Proteus entwickelt. Diese Plattform ist dabei in der Lage Anwendungssysteme ohne Modifikation virtuell auszuführen, welches anhand des Betriebssystems ORCOS verifiziert werden konnte. Beide Lösungen erlauben eine ergänzende Erhöhung der Robustheit des Systems bei der Möglichkeit Kosten durch zusätzliche Hardware einzusparen.

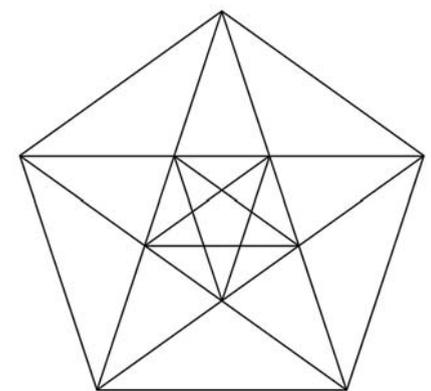
### Methoden für eingebettete Systeme

Eine wesentliche Herausforderung der Virtualisierung ist die effektive Nutzung der Ressourcen in einem dynamischen System durch effiziente Methoden. Daher ist es notwendig alle möglichen Kosten verursachenden Faktoren in ihrem Anwendungsfeld identifizieren zu können. Die Anforderungen an eine Methode zur Ressourcen-Nutzung werden zuvor durch eine Zielfunktion definiert. Die Zielfunktion kann beispielhaft das prozentual gleichförmige Ausnutzen aller im Netzwerk verbundenen Ressourcen Anbieter sein. Eine solche Zielfunktion wird als faire Verteilung oder Allokation bezeichnet. Die Schwierigkeit dies zu erreichen, erhöht sich vor allem wenn die Ressourcen in ihrer Quantität heterogen sind und deren Entfernen oder Einfügen zur Laufzeit erlaubt ist.

Der Schwerpunkt der neuen Methoden lag in der Reduktion des Speicherbedarfs, der Verbesserung der Fairness und der Einhaltung der Eigenschaften auch für eine geringe Anzahl an Ressourcen. Diese Eigenschaften sind unverzichtbar für den Einsatz unter den Restriktionen von Eingebetteten Systemen. Die Verbesserung der Eigenschaften wurde vor allem dadurch erreicht, dass ein Teilbereich keine Zufallsfunktionen bzw. Hash Funktionen, die diesen imitieren, benutzen. Dieser typische Einsatzbereich beschäftigt sich mit der uniformen Partitionierung des Hashbereiches, welche nun durch einen Greedy-Algorithmus durchgeführt wird. Der Algorithmus macht sich Eigenschaften zu Nutze, die von der inversen Folge der Fibonacci-Zahlen ableitbar sind.



Integration von Soft- und Hardware-Überwachung zur Steigerung der Robustheit des Systems.



Der Goldene Schnitt im Pentagramm

**Gefördert durch:**

AIS

SFB 614 Transferprojekt T4

**Kontakt:**

Dipl.-Inform. Daniel Baldin

E-Mail: dbaldin@upb.de

Telefon: +49 (0) 525160 65 15

Dr. rer. nat. Gunnar Schomaker

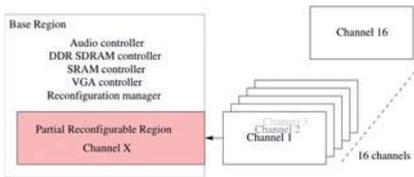
E-Mail: pinsel@upb.de

Telefon: +49 (0) 525160 64 90

Telefax: +49 (0) 525160 65 02

# Modellierung und Verifikation

## Methoden für eingebettete Systeme



Partiell Rekonfigurierbare Regionen

Der modellbasierte Entwurf eingebetteter Systeme ist ein hochaktuelles Arbeitsgebiet in der Forschung und in der Industrie. Basierend auf den Prinzipien der Model Driven Architecture unterstützt der modellbasierte Entwurf Prinzipien der Wiederverwendung mit Hilfe von höheren Modellierungs- und Spezifikationssprachen. Diese ermöglichen die Beschreibung der Hauptaspekte eingebetteter Systeme auf höheren Abstraktionsebenen und realisieren gleichzeitig eine Entkopplung der Systemeigenschaften von der konkreten Implementierungsplattform.

### Anforderungserfassung und kontrolliert natürliche Sprache

Anforderungsdokumente stellen die Kommunikationsgrundlage für die Entwicklung von Softwaresystemen dar. Die Kommunikation findet typischerweise zwischen unterschiedlichen Rollen (wie z.B. Kunde, Softwareentwicklung und Testabteilung) statt. Anforderungen sollten in einer Form erfasst werden, die möglichst allen beteiligten Rollen einen Zugang ermöglichen. Anforderungsdokumente werden in der Praxis in natürlicher Sprache erstellt. Die natürliche Sprache ist für alle Beteiligten einfach zu verwenden, ist aber unpräzise und mehrdeutig. Formale Methoden bieten eine eindeutige und präzise Semantik sind jedoch nur für speziell ausgebildete Personen verwendbar. Der Einsatz formaler Methoden zur Spezifikation von Anforderungen ist in der industri-

ellen Praxis daher noch nicht weit verbreitet. Ein Kompromiss ist die Verwendung von kontrolliert-natürlicher Sprache (CNL). Eine CNL ist eine natürliche Sprache (z.B. Englisch), in der eine definierte Menge von Worten sowie eine eingeschränkte Grammatik verwendet werden darf. Die Einschränkungen erfolgen so dass Mehrdeutigkeiten in Formulierungen möglichst ausgeschlossen werden können. Das Resultat ist eine vereinfachte Form einer natürlichen Sprache mit eindeutiger Semantik, welche die automatische Übersetzung in formale Modelle ermöglicht. Diese Modelle können in späteren Schritten z.B. zur automatischen Testfallgenerierung oder automatischen Konsistenzprüfung verwendet werden. Auch der Einsatz von CNL erfordert eine Schulung der Anwender. Es ist jedoch zu erwarten, dass der Lernaufwand geringer ausfällt als bei formalen Methoden. Um zukünftig die Benutzung einer CNL zu vereinfachen, ist eine Werkzeugunterstützung wünschenswert, die den Anwender bei der Erstellung von korrekten Spezifikationen in einer CNL unterstützt.

### Algorithmische Skelette zur Modellierung partieller Rekonfiguration

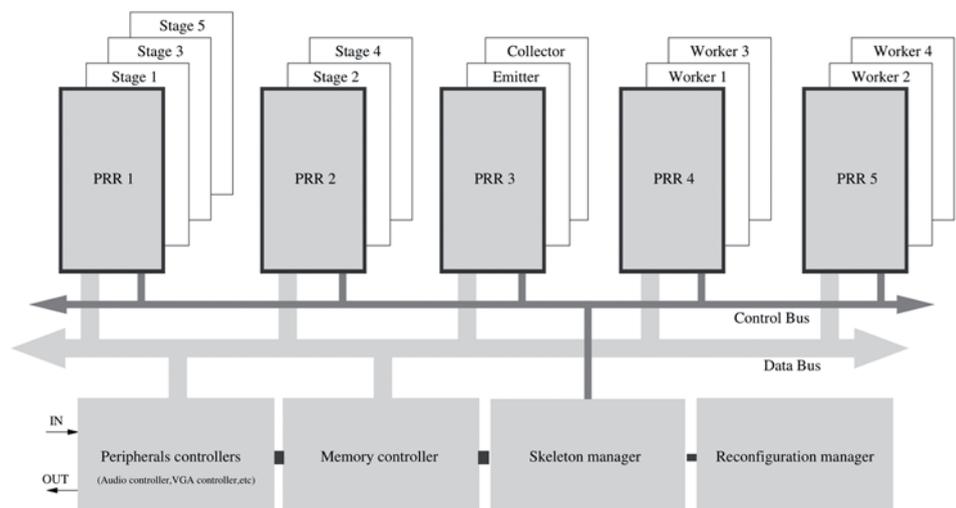
Mittels partieller Rekonfiguration ist es grundsätzlich möglich eine eigentlich zu große Schaltung auf ein FPGA abzubilden. Algorithmische Skelette bieten dabei das Programmierparadigma, welches es erlaubt die technischen Details zu abstra-

**Gefördert durch:**  
SPP Projekt TP2 R2  
OSAMI

**Kontakt:**  
M. Sc. Matthias Schnelte  
E-Mail: [schnelte@upb.de](mailto:schnelte@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525160 52 51

M.Sc.-Eng. Norma Montealegre  
E-Mail: [norma@upb.de](mailto:norma@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525160 64 93  
Telefax: +49 (0) 525160 65 02

<http://www.hni.uni-paderborn.de/eps>



Statische und partiell rekonfigurierbare Regionen auf dem FPGA

hieren. Dieser Ansatz wurde anhand der Vorverarbeitung für eine automatische Spracherkennung erfolgreich erprobt. Ein automatisches Spracherkennungssystem besteht grundsätzlich aus den folgenden funktionalen Stufen: Vorverarbeitung, Musterverarbeitung, Entscheidungsfindung. Die Vorverarbeitung verarbeitet die eingehenden Sprachsignale und verarbeitet diese konstant zu Merkmalvektoren in mehreren Verarbeitungsschritten. Eine Methode für die Vorverarbeitung ist der Channel Vocoder Analyzer. Die FPGA Implementierung des kompletten Analyzers ist für einen Virtex 4 FPGA zu groß. Um die Schaltung dennoch auf diesem FPGA realisieren zu können, wurde die mehrstufige Signalverarbeitung des Analyzers mit Hilfe von partieller Rekonfiguration auf der Basis einer Beschreibung mittels algorithmischer Skelette höherer Ordnung realisiert.

Algorithmische Skelette sind vorgefertigte Schablonen, aus denen eine Programmstruktur zusammengesetzt werden kann, und übernehmen dabei die Synchronisation und Kommunikation der eingebetteten Implementierungen. Das von uns entwickelte Entwurfssystem automatisiert zudem die Umsetzung mit Hilfe partieller Rekonfiguration. Die verschiedenen Stufen der Signalverarbeitung des Analyzers wurden als VHDL Code in algorithmische Skelette eingebettet. Zur Realisierung wurden neben einer statischen Basisregion auf dem FPGA partiell rekonfigurierbare Regionen realisiert, welche die verschiedenen Stufen des Analyzers aufnehmen können. Zur Laufzeit werden die benötigten Stufen jeweils dynamisch durch partielle Rekonfiguration des FPGAs geladen. Somit ist eine Ausführung des Analyzers auf dem Virtex 4 FPGA möglich.

### Online Modellprüfung als Betriebssystem Service

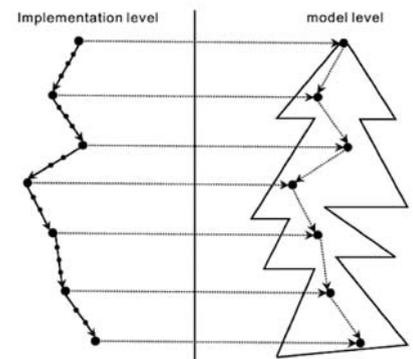
Mechatronische Echtzeit-Anwendungen sind sicherheitskritisch. Modellprüfung bietet den Vorteil vollständiger Automatisierung und beinhaltet Maßnahmen zur Diagnose im Fehlerfall. Andererseits ist Modellprüfung aber wesentlich mit dem

Problem einer explodierenden Menge von Zuständen konfrontiert.

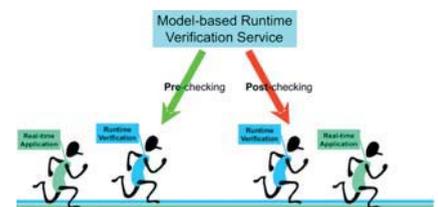
Wir stellen eine ergänzende Technik vor, die online Modellüberprüfung (oder modellbasierte Laufzeitverifikation). Durch die hohe Dynamik und verschiedenen Einsatzgebiete ist eine formale Verifikation des kompletten Systems in der Designphase oft nicht möglich. Die Online Modellprüfung kann als Erweiterung des traditionellen Schedulability Akzeptanztests angesehen werden und ist als Dienst des Betriebssystems implementiert worden. Um eine Online Modellprüfung zu ermöglichen nehmen wir an, dass die Echtzeit-Anwendung durch Model-Driven Engineering (MDE) entwickelt worden ist. Modellprüfung bildet die grundlegende Verifikationstechnik, wird aber zur Laufzeit ausgeführt, wenn eine Rekonfiguration der Aufgabenmenge stattfindet. Statt dem Erkunden des vollständigen Zustandsraums eines Modells wird nur der Ausschnitt des Zustandsraums auf der Modellebene sondiert, der vom aktuellen Ausführungspfad der geprüften Tasks abgedeckt wird. Experimentelle Ergebnisse zeigen, dass die Modellprüfung zur Laufzeit mit dem oben dargestellten Ansatz möglich ist.

Da wir zur Laufzeit eine Prüfung auf Modellebene durchführen, ist unsere Laufzeitverifikation nicht strikt an die Ausführung des Quellcodes gebunden, d.h. sie kann vor oder hinter der Ausführung durch das System erfolgen. Wir führen daher zwei Prüfmodi ein (siehe Bild): pre-checking und post-checking. Der Verifikationsdienst befindet sich im pre-checking Modus, wenn er der Ausführung des Tasks voraus läuft, andernfalls ist er im post-checking Modus.

Damit der Verifikationservice eine größere Chance oder höhere Wahrscheinlichkeit erhält, vor dem zu prüfenden Task zu laufen, lernen wir heuristisches Wissen in der System-Testphase. Somit ist es möglich nützliche Informationen in das Systemmodell einzubringen. Die heuristischen Informationen können die Online Modellprüfung bei der Reduktion des zu erkundenden Zustandsraums leiten.



Exploration des partiellen Systemmodells



Verifikation zur Laufzeit: pre-checking und post-checking

Gefördert durch:  
SFB 614 Teilprojekt C2

#### Kontakt:

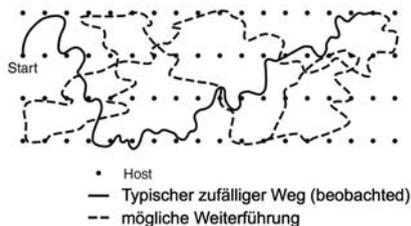
Dr.-Ing. Yuhong Zhao  
E-Mail: zhao@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 65 16  
Telefax: +49 (0) 5251160 65 02

# Eingebettete Systeme

Optimierung, Kommunikation, Simulation



Kleiner Kohlweißling



Synthese aus dem Bewegungsmuster des kleinen Kohlweißlings

## RTOS und selbstoptimierende Systeme

Eine Herausforderung für ein RTOS für selbstoptimierende Systeme stellen stark unterschiedliche oder sich ändernde Anforderungsprofile dar. Um optimaler Dienstgeber für diese Anwendungsklasse zu sein, wird der Ansatz verfolgt das RTOS dynamisch zur Laufzeit ressourceneffizient anzupassen. Das RTOS analysiert die aktuellen Rahmenbedingungen und optimiert sich selbstständig durch Rekonfiguration. Hierbei ist zu gewährleisten, dass zu jeder Zeit ein sicherer Betrieb garantiert werden kann. Bestandteil des selbstoptimierenden RTOS ist ein flexibler Ressourcen-Manager (FRM). Dieser optimiert die Verteilung der Ressourcen auf die Anwendungen und Systemdienste. Speziell ermöglicht er temporär nicht genutzte Ressourcen von Diensten und Anwendungen auf einem Knoten anderen Anwendungen nutzbar zu machen. Ein spezieller Mechanismus, der dem Verhalten des menschlichen Körpers in Stresssituationen nachempfunden ist, ermöglicht eine flexible Freisetzung von Ressourcen zur Behandlung von Notfällen.

Aktuelle Erweiterungen zu dem FRM-Konzept betrachten den Bedarfsverlauf innerhalb der Zyklen der jeweiligen Anwendungsprofile. Die Erkennung von typischen Mustern ermöglicht dabei eine

weitere Unterteilung der Profile in Sequenzen mit oberen und unteren Bedarfschranken. Diese zusätzliche Information soll zukünftig von dem FRM genutzt werden um die Profilaktivierung zu unterstützen.

## Organic Computing

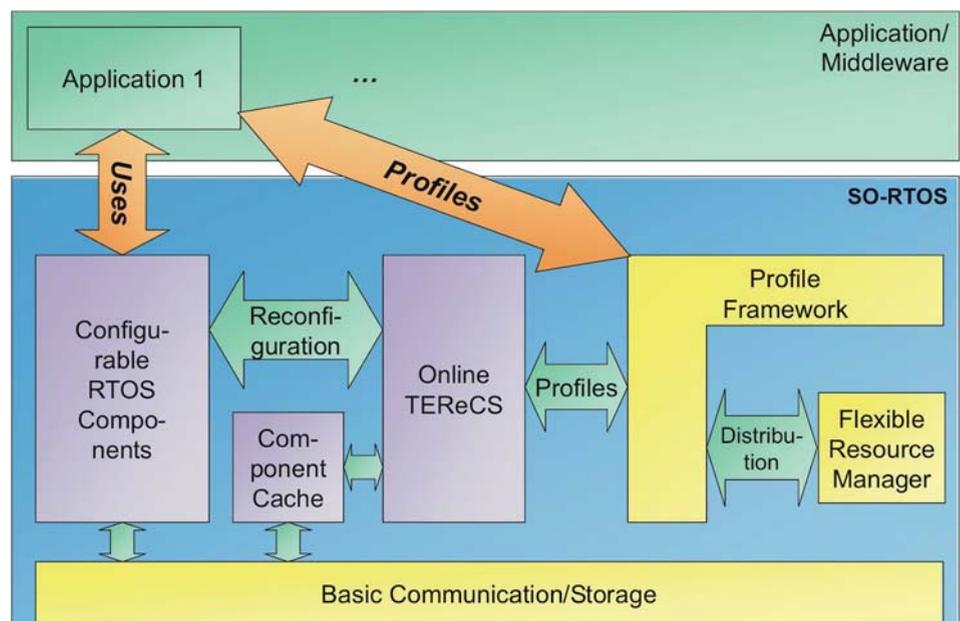
Connected k-Hop Dominating Sets (CkDS) haben verschiedene Anwendungsgebiete in drahtlosen Sensornetzwerken. Sie werden z.B. benutzt um die Auswirkungen des Broadcast Storm-Problems zu lindern oder ein einstellbares Maß von Abdeckung zu gewährleisten, während sie die Konnektivität aufrechterhalten. Es wird ein neues Protokoll zur CkDS-Konstruktion in drahtlosen Sensornetzwerken vorgeschlagen, das seine Inspiration aus dem Verhalten der ei-ablegenden *Pieris rapae* (kleiner Kohlweißling) bezieht. Diese verfügt über verschiedene Eigenschaften, die für ein künstliches System erstrebenswert sind. Das entwickelte Protokoll ist selbstorganisierend, da sich ein Muster auf der globalen Ebene, das CkDS, aufgrund vielfältiger Interaktionen auf unterster Ebene herausbildet. Diese Interaktionen werden ferner durch Regeln spezifiziert, die allein unter Nutzung lokaler Informationen ohne Bezug auf das globale Muster ausgeführt werden.

**Gefördert durch:**  
eCubes  
SBF 614 Teilprojekt C2

**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Simon Oberthür  
E-Mail: oberthuer@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 68 63

Dipl.-Inform. Peter Janacik  
E-Mail: pjanacik@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 64 93  
Telefax: +49 (0) 5251160 65 02

<http://www.hni.uni-paderborn.de/eps>



Selbstoptimierendes Betriebssystem mit Flexible Resource Manager (FRM)

Das vorgeschlagene Protokoll besteht aus zwei ineinander verflochtenen Verhaltensblöcken, welche in ihrer Essenz auf Random Walks basieren: der erste ist verantwortlich für die Konstruktion eines k-Hop Dominating Set, während der zweite die existierenden dominierenden Fragmente zu einem CkDS verbindet. Es wurden aufwändige Simulationen unternommen um die Effizienz sowie andere Eigenschaften, wie die Skalierbarkeit, des Protokolls zu evaluieren und um es mit dem CkDS-Konstruktionsprotokoll zu vergleichen.

### Hardware Software Co-Design

Diese Arbeiten betrachten Optimierungen in einem Modell für die Ausführung von OS Services für Reconfigurable Systems on Chip (RSoC). Das Modell geht davon aus, dass ein vollständiges RTOS auf einem RSoC nicht zu speichern ist. Es besteht somit die Notwendigkeit die benötigten Dienste dynamisch zur Laufzeit auf dem entsprechenden RSoC zu instanzieren. Die benötigten Dienste werden dabei in einem verteilten Repository zur Verfügung gestellt. Für die Ausführung betrachtet das Modell einen Service als eine Sequenz von Segmenten. Dabei besteht die Möglichkeit, Teile des Services auf unterschiedlichen Bereichen des RSoC ausführen zu können, z.B. auf einem FPGA und einem GPP. Zur Bestimmung dieser Aufteilung der Ausführung eines Services wird derzeit die Nutzung von drei Ressourcen (Fläche, Zeit und Leistung) betrachtet. Ein wesentliches Ziel ist dabei die Minimierung der Kosten bei vorgegebener Gewichtung der Kosten zu den Ressourcen. Der dazu entwickelte Algorithmus verwendet Laufzeit Profiling-Informationen und bestimmt eine effiziente Konfiguration für die Durchführung von jedem angeforderten OS Service. Zusätzlich kann jede Konfiguration zur Laufzeit angepasst werden, um Veränderungen bezüglich der Verfügbarkeit von Ressourcen effizient kompensieren zu können.

### RTOS-Simulation

Zur Beschleunigung der RTOS-Simulation ist ein kanonisches Modell auf Basis von

SystemC in Kooperation mit der Universität Irvine, CA, USA entwickelt worden. Das Modell beinhaltet grundlegende Operationen zur Beschreibung von Taskwechseln und der Behandlung von Hardwareunterbrechungen und erlaubt die Darstellung und Simulation existierender Betriebssysteme auf einem PC. Voraussetzung für die Simulation von Ausführungszeiten ist die Unterteilung des Quelltextes in atomare Blöcke mit Markierung der benötigten Rechenzeit für den Zielprozessor. Trotz grober Markierungen kann eine zeitlich genaue Simulation von Ausführungszeiten und Unterbrechungen durch spezielle Behandlung der markierten Zeit und getrennte Betrachtung von Software- und Interrupt-Scheduling erreicht werden. Neu entwickelte Verfahren zur Markierung erlauben eine effiziente Darstellung der Ausführungszeiten und geben Vorgaben zur Platzierung der Marken.

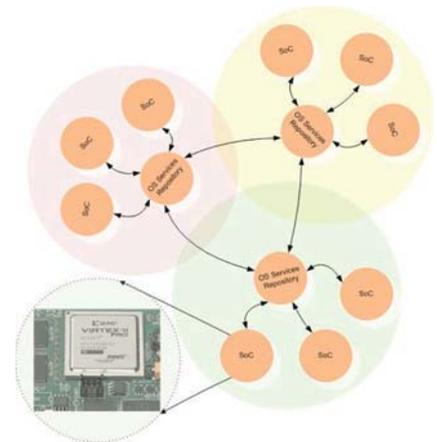
In Kooperation mit dSPACE ist dieses Vorgehen am Beispiel von AUTOSAR kompatibler Software für ECUs untersucht worden. Die Abbildung des OSEK-RTOS auf das kanonische Modell und die Markierung des Quelltextes mit Ausführungszeiten erlauben neben der effizienten funktionalen Simulation Zeitanalysen der Software bei geringeren Fehlern.

### Hardware-abhängige Software

Die Relevanz von Hardware-abhängiger Software (HdS) ist in den Bereichen "Embedded Systems" und "System-on-Chip" (SoC) kontinuierlich gestiegen. Leider sind in diesem Bereich sehr wenige Lehrbücher verfügbar. Dieser Missstand war Motivation, ein Buch herauszugeben und zentrale Kapitel dafür zu schreiben. Es bietet eine Übersicht und Einführung zu Themen wie "Echtzeit Betriebssysteme" (RTOS) oder dem "Hardware Abstraction Layer" (HAL). Es behandelt zudem Anwendungsbeispiele zur Telekommunikation oder zu Fahrzeugsystemen und bietet umfangreiche Informationen zu aktuellen Entwicklungswerkzeugen der Industrie.



Müller, W.; Ecker, W.; Dömer, R.: Hardware-dependent Software Principles and Practice, Springer Verlag, 2009, ISBN: 978-1-4020-9435-4



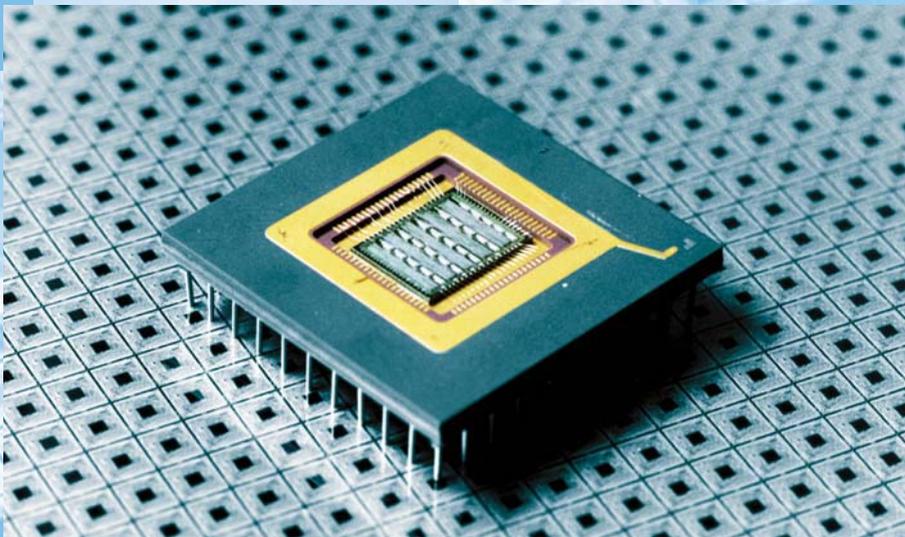
Verteilte Dienste in Eingebetteten Systemen

**Gefördert durch:**  
SFB 614 Transferprojekt T4

### Kontakt:

M. Sc. Sufyan Samara  
Email: [sufyan.samara@upb.de](mailto:sufyan.samara@upb.de)  
Telefon: + 49 (0) 5251/60 65 16  
Telefax: + 49 (0) 5251/60 65 02

# Schaltungstechnik Schaltungstechnik



## Mikroelektronik als Schlüsseltechnologie und Herausforderung

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert

Mit der zunehmenden Anwendung der Integrationstechnik in nahezu allen Lebensbereichen hat sich die Mikroelektronik zur Schlüsseltechnologie der modernen Informationsgesellschaft entwickelt. Der systematische Entwurf und bedarfsgerechte Einsatz ressourceneffizienter mikroelektronischer Systeme ist das zentrale Forschungsziel des Fachgebietes Schaltungstechnik.

E-Mail: [Ulrich.Rueckert@hni.upb.de](mailto:Ulrich.Rueckert@hni.upb.de)

Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 46

Telefax: +49 (0) 5251 | 60 63 51

<http://www.hni.uni-paderborn.de/sct>

## Schlüsseltechnologie

### Mikroelektronik

Der ungebrochene revolutionäre Fortschritt der Mikroelektronik ist die treibende Kraft für die Entwicklung neuer technischer Produkte mit deutlich erweiterter Funktionalität und gesteigerter Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig niedrigeren Kosten. Auch über das Jahr 2010 hinaus wird die Weiterentwicklung der Mikroelektronik nicht durch physikalisch-technologische Grenzen eingengt sein, so dass die Herausforderungen in der Beherrschung der Entwurfskomplexität — Stand der Technik sind mehr als eine Milliarde Bauelemente (Transistoren) auf einer Fläche von wenigen Quadratzentimetern — und in der wirtschaftlichen Nutzung dieser technologischen Möglichkeiten liegen.

Vor diesem Hintergrund entwickelt die Fachgruppe Schaltungstechnik mikroelektronische Komponenten und Systeme in digitaler sowie analoger Schaltungstechnik. Besondere Berücksichtigung finden massiv-parallele Realisierungsvarianten sowie die Bewertung der Ressourceneffizienz entsprechender Implementierungen. Ressourceneffizienz bedeutet hier, mit den physikalischen Größen Raum, Zeit und Energie sorgfältig umzugehen.

Unsere Forschungs- und Technologietransferaktivitäten konzentrieren sich auf die Schwerpunkte Kognitronik und Mediatronik. Hand in Hand mit der Forschung geht die theoretische und praktische Ausbildung der Studenten in der Handhabung und Beherrschung der Schlüsseltechnologie Mikroelektronik in konkreten Anwendungen der Informations- und Automatisierungstechnik.

### Kognitronik

Kognitronik befasst sich mit der Entwicklung mikroelektronischer Schaltungen zur ressourceneffizienten Realisierung kognitiver Systeme. Ziel unserer Forschungsaktivitäten ist es, technische Produkte mit kognitiven Fähigkeiten auszustatten, so dass diese neben einer erhöhten Funktionalität insbesondere sicherer und benutzerfreundlicher werden.

Vorbilder für kognitronische Systeme haben sich in der Natur im Verlauf der biologischen Evolution in großer Anzahl entwickelt. Es liegt daher nahe, biologische Informationsverarbeitungsprinzipien auf technische Systeme zu übertragen. Schwerpunkt unserer Arbeiten ist die Analyse der theoretischen Leistungsfähigkeit und die integrationsgerechte Umsetzung derartiger Prinzipien.

### Mediatronik

Mediatronik ist ein interdisziplinäres Forschungsfeld im Heinz Nixdorf Institut, das sich mit der situativen Integration technischer Produkte und Dienste in offene Systeme befasst. Diese Systeme zeichnen sich zukünftig in noch stärkerem Maße durch eine dezentrale Organisation von dynamisch vernetzten, kognitiven Komponenten aus.

Unser Ziel ist die Entwicklung und Bereitstellung von Methoden und Techniken, die es technischen Produkten ermöglichen, effizient zu kommunizieren und zu kooperieren. Hier verfolgen wir neue Ansätze, die verfügbare Rechenleistung und die Netzwerk-Ressourcen flexibel zu nutzen, um den Anforderungen an Dienstgüte und Zuverlässigkeit zukünftiger Kommunikationssysteme optimal gerecht zu werden.



Mikroelektronik als technologische Basis für Mediatronik und Kognitronik



# OMEGA – Home Gigabit Access

Das Heimnetzwerk der Zukunft



## Dienste im zukünftigen Heimnetzwerk

Das Heimnetzwerk der Zukunft wird neue Dienste ermöglichen, indem es größere Datenraten und garantierte Dienstgüten bereitstellt. Die breitbandige Vernetzung internetfähiger Geräte im Haushalt soll die erwartete Verbesserung der Haushalts-Anbindung an das Internet komplettieren, sodass die dadurch ermöglichten neuen und verbesserten Dienste durch die Endverbraucher tatsächlich genutzt werden können. Schon heute begrenzt das lokale Heimnetzwerk in breitbandig an das Internet angeschlossenen Haushalten die Dienstgüte.

Neue und verbesserte Dienste wie Telepräsenz, hochauflösende Videos, Online-Spiele, Virtuelle Realität und E-Health-Anwendungen sollen den Endverbrauchern zur Verfügung gestellt werden, ohne dass diese zusätzliche Leitungs-Infrastruktur in ihren Haushalten schaffen müssen. Deshalb werden für die Datenübertragung im zukünftigen Heimnetzwerk nur bereits vorhandene Leitungen und das Medium Luft benutzt.

## Intelligente Netzwerkschicht

Durch die Verwendung bestehender Infrastruktur und neuer Übertragungsmöglichkeiten wird das zukünftige Heimnetzwerk sehr heterogen sein, sodass seine Konfiguration und die Kompatibilität zwischen den einzelnen Netzwerkteilen erschwert wird. Die „Inter-MAC“ ist ein im EU-Projekt OMEGA entwickelter neuer Ansatz um diese Probleme zu lösen. Sie ist eine intelligente Netzwerkschicht, die transparent für den Anwender für jeden Dienst die am besten geeignete Technologie auswählt

und entsprechend verwendet. Dabei werden die spezifischen Vorteile der verschiedenen Technologien ausgenutzt um einen Mehrwert zu schaffen. Beispiele für diesen Mehrwert sind garantierte Dienstgüten und höhere Zuverlässigkeit.

Zur Anwendung kommen neben dem erst kürzlich verabschiedeten Funknetzstandard IEEE 802.11n, der Übertragungsraten von mehreren hundert Megabit pro Sekunde ermöglicht, auch die Datenübertragung über Stromleitungen (Powerline Communications), über sichtbares und infrarotes Licht (Hybrid Wireless Optics) sowie weitere Funktechnologien (60 GHz, UWB).

## Demonstrator

Alle diese Technologien werden durch die Inter-MAC-Schicht gekoppelt und in einem Demonstrator zur Verfügung gestellt. Die Integration erfolgt hierbei auf dem FPGA-basierten Rapid Prototyping System RAPTOR-X64, das vom Fachgebiet Schaltungstechnik entwickelt wurde. Auf diesem System werden der am Fachgebiet Schaltungstechnik entwickelte Hochgeschwindigkeits-Teil der Inter-MAC (die Data Plane) und der von den Projektpartnern entwickelte Steuerungs-Teil (die Control Plane) implementiert und optimiert.

Zusätzlich zum Hochgeschwindigkeits-Teil der Inter-MAC integriert das Fachgebiet Schaltungstechnik den Funknetzstandard IEEE 802.11n und trägt durch das Rapid Prototyping und die bereitgestellte Hardware wesentlich zum Demonstrator des Projekts bei.

### Gefördert durch:

7. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union  
Infineon Technologies AG

### Projektpartner:

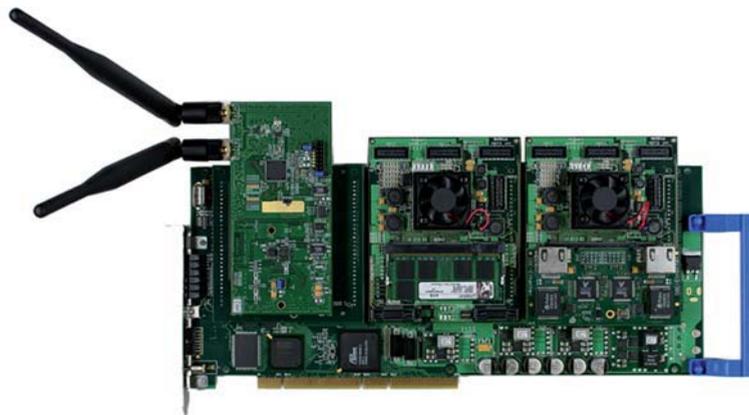
France Telecom, INSA-IETR, Spidcom, Thomson, Eurescom, Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, IHP Microelectronics, Infineon Deutschland, RWTH Aachen, Siemens, TU Dortmund, TU Ilmenau, Università di Roma, Università di Udine, Infineon Österreich, Technikon, Thyia, Telefonica I+D, University of Athens, University of Oxford

### Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Ing. Christian Liß  
E-Mail: [liss@hni.upb.de](mailto:liss@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525160 63 40

Dr.-Ing. Mario Porrman  
E-Mail: [Mario.Porrman@hni.upb.de](mailto:Mario.Porrman@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525160 63 52  
Telefax: +49 (0) 525160 63 51

<http://www.hni.uni-paderborn.de/sct>



Ein RAPTOR-X64 Rapid-Prototyping-System mit den Komponenten für einen IEEE 802.11n-Prototypen

## Drahtlose High-Speed-Kommunikation

### Easy-C – Enablers of Ambient Services and Systems

Drahtlose Kommunikation hält mehr und mehr Einzug in unser tägliches Leben. Mobile Geräte unterstützen immer anspruchsvollere Multimedia-Anwendungen, wie High-Definition-Television (HDTV), Video-Konferenzen oder Online-Spiele. Gleichzeitig wachsen auch die Anforderungen an die Eigenschaften des zugrundeliegenden Übertragungsverfahrens, wie hoher Datendurchsatz und geringe Latenz. In diesem Jahr soll der kommende Mobilfunkstandard, Long-Term-Evolution (LTE), mit Übertragungsraten von bis zu 300 MBit/s verabschiedet werden. Aber auch die nächste Generation – LTE-Advanced mit bis zu 1 GBit/s – steht bereits vor der Tür.

#### LTE-Advanced – Der Mobilfunkstandard von übermorgen

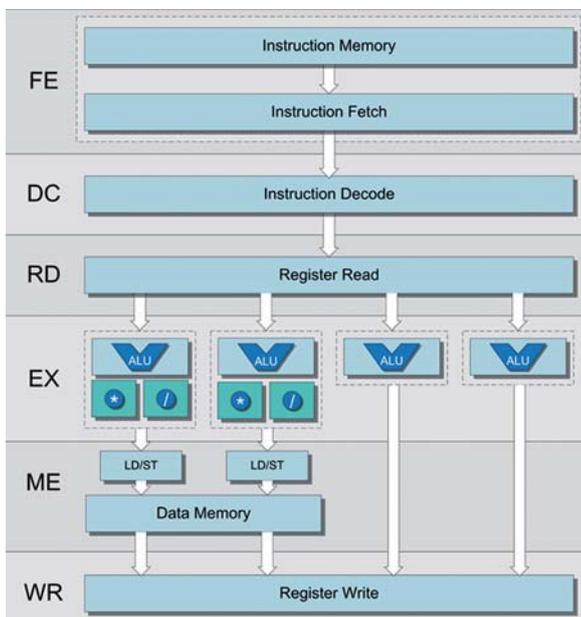
Im vom BMBF geförderten Projekt Easy-C werden Schlüsseltechnologien für die nächste Generation von Mobilfunknetzen vorangetrieben, um die Entwicklung von neuen Applikationen, wie z.B. Videostreaming und Lokalisierungsdiensten zu unterstützen. Hierbei stehen die hohen Anforderungen an effektive Ausnutzung der Übertragungsfrequenzen, geringe Latenz und hohe Fairness unter den verschiedenen Mobilfunkteilnehmern im Vordergrund. Des Weiteren wird der Einsatz von Mehrantennensystemen mit abgestimm-

ten Steuerungsalgorithmen sowie zellübergreifenden Kooperationstechniken untersucht, um den Datendurchsatz weiter zu erhöhen. Auf diesen Arbeitsgebieten arbeitet die Universität Paderborn mit weltweit agierenden Unternehmen, wie z.B. Vodafone oder Deutsche Telekom zusammen. Easy-C betreibt derzeit das erste zellulare LTE-Advanced-Testbett in Dresden und Berlin mit zehn Standorten und 28 Sektoren. In diesem Aufbau können innovative und zukunftsweisende Techniken direkt in der Praxis erprobt werden.

#### Die CoreVA-Architektur als energieeffiziente Prozessorplattform

Das mobile Einsatzszenario stellt hohe Anforderungen an die zugrundeliegende Hardware der Endgeräte. Die hohe Komplexität der neuen Algorithmen erfordert eine hohe Performanz. Gleichzeitig soll eine geringe Leistungsaufnahme hohe Akkulaufzeiten ermöglichen. In Kooperation mit der Fachgruppe Programmiersprachen und Übersetzer (Professor Kastens) hat die Fachgruppe Schaltungstechnik die CoreVA-Prozessorplattform mit einem optimierenden Compiler entwickelt. Die vierfach-parallele Architektur des CoreVA erreicht trotz reduzierter Takt rate die gleiche Leistungsfähigkeit wie moderne Einzelprozessoren, zeichnet

sich aber durch eine hohe Energieeffizienz aus. Bei einer Frequenz von 300 MHz und einer Leistungsaufnahme von weniger als 100mW erreicht der CoreVA einen Durchsatz von 2,4 GOPS (Milliarden Operationen pro Sekunde). Im Rahmen von Easy-C wird dieser Prozessor durch Hardwareerweiterungen, wie z.B. Vektoreinheiten oder dedizierte Beschleuniger, an die Anforderungen von LTE-Advanced angepasst. Die Analyse der Anwendungen ermöglicht nicht nur die Anpassung der Algorithmen an die Erfordernisse mobiler Endgeräte, sondern liefert auch Hinweise für die Entwicklung zukünftiger Technologien.



Die CoreVA-Prozessorarchitektur



Im BMBF-Projekt Easy-C werden neue Verfahren für die mobile Kommunikation entwickelt.

**Gefördert durch:**  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Thorsten Jungeblut  
E-Mail: Thorsten.Jungeblut@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525 1160 63 39

Dr.-Ing. Mario Pormann  
E-Mail: Mario.Pormann@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525 1160 63 52  
Telefax: +49 (0) 525 1160 63 51

<http://www.hni.uni-paderborn.de/sct>

## MuSIC-2

### Multiprozessorsystem für Mobilfunkgeräte der nächsten Generation



Kooperation zwischen dem Fachgebiet Schaltungstechnik und der Infineon Technologies AG bei der Entwicklung eines Multiprozessorsystems für SDR-basierte Multi-Standard-Basisbandverarbeitung

Moderne Mobilfunkgeräte müssen eine Vielzahl unterschiedlicher Kommunikationsstandards unterstützen, um sich heutzutage am Markt behaupten zu können. Hierzu zählen neben GSM (EDGE) und UMTS (WCDMA/HSDPA) auch LTE, GMR-3G, DVB-T/H, IEEE802.11 (a/b/g/n), WiMax, GPS, Bluetooth, ZigBee oder UWB. Bisher wird in integrierten Schaltkreisen zur Multi-Standard-Basisbandverarbeitung meist ein dedizierter Hardware-Block je Mobilfunkprotokoll implementiert. Eine innovative Alternative hierzu bietet das so genannte Software-Defined Radio (SDR). Hierbei wird die gesamte Basisbandverarbeitung durch Software-Funktionen auf einem Prozessorsystem realisiert. Der SDR-Ansatz ist sehr flexibel, so dass in Abhängigkeit des verfügbaren Funknetzes der benötigte Standard zur Laufzeit dynamisch geladen werden kann. Außerdem bietet das Konzept eine hohe Zukunftssicherheit, da Mobilfunkprotokolle durch ein Firmware-Update angepasst werden können. Voraussetzung für SDR ist jedoch eine leistungsfähige Prozessorplattform, welche die Basisbandverarbeitung in Echtzeit möglichst energieeffizient ausführen kann. Aufgrund der hohen Datenparallelität von Basisbandanwendungen bietet sich der Einsatz von mehreren Verarbeitungseinheiten im SIMD (Single Instruction, Multiple Data) Modus an.

#### Umsetzung

Im Rahmen des Projektes MuSIC-2 (Multiple SIMD Cores) kooperiert das Fachgebiet Schaltungstechnik mit der Infineon Technologies AG bei der Entwicklung einer Multiprozessor System-on-Chip (MPSoC) Architektur für SDR-basierte Multi-Standard Basisbandanwendungen. Die Kernkompetenz des Fachgebietes Schaltungstechnik liegt bei dem Entwurf des Kontrollprozessors RC1632 und dessen Cache-System. Das entwickelte Kontrollprozessorsystem (Scalar Core) steuert eine SIMD-Recheneinheit (Vector Engine), welche aus vier Prozessorelementen (PE) besteht, und bildet zusammen mit dieser den SIMD-Core. Vier SIMD-Cores und zwei separate RC1632-Prozessorsysteme bilden zusammen mit einem gemeinsamen on-chip Speicher wiederum einen SIMD-Cluster.

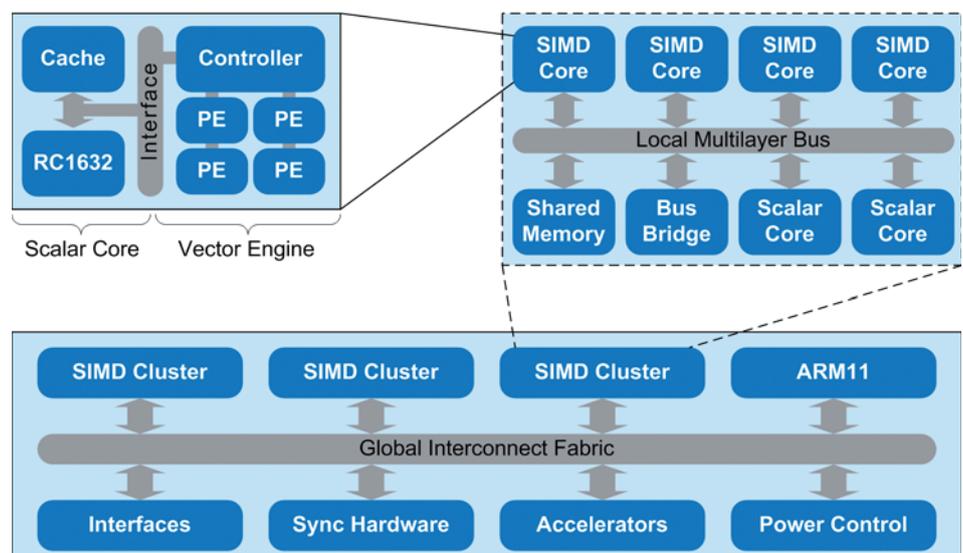
Die komplette Multiprozessor System-on-Chip Architektur besteht aus drei SIMD-Clustern und einem Beschleuniger-Cluster, in dem ebenfalls sechs RC1632-Prozessorsysteme integriert sind. Insgesamt stehen somit 24 RC1632-Kontrollprozessoren, 48 SIMD-Recheneinheiten, 6 Hardware-Beschleuniger und ein ARM11-Universalprozessor für die Multi-Standard-Basisbandverarbeitung zur Verfügung. Der entstandene X-Gold™ SDR 20 wurde in einer 65nm low-power CMOS-Technologie von Infineon gefertigt.

**Gefördert durch:**  
Infineon Technologies AG

**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. Christoph Puttmann  
E-Mail: [puttmann@hni.upb.de](mailto:puttmann@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251/60 63 45

Dr.-Ing. Mario Porrmann  
E-Mail: [Porrmann@hni.upb.de](mailto:Porrmann@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251/60 63 52  
Telefax: +49 (0) 5251/60 63 51

<http://www.hni.uni-paderborn.de/?id=music2>



Architektur des MuSIC-2 Multiprozessorsystems für SDR-basierte Multi-Standard-Basisbandverarbeitung

# Telewerkbank

## Experimentierplattform für Multi-Roboter-Experimente

Roboter begegnen uns zunehmend im Alltag. Ihre Aufgaben reichen von einfachen Servicetätigkeiten im Haushalt bis hin zu autonom agierenden Chauffeuraufgaben im Straßenverkehr. Die Entwicklung der Roboter stellt dabei einen hoch komplexen und interdisziplinären Prozess dar. Es sind Algorithmen zu entwickeln und Hardware zu konzipieren, welche die ihnen gestellten Aufgaben zufriedenstellend lösen.

### Telewerkbank

Die Telewerkbank bildet eine leistungsfähige Experimentierplattform für Multi-Roboter-Experimente. Sie unterstützt beim Verwalten der Hardwareressourcen sowie bei der Konfiguration der Roboter. Alle relevanten Informationen, wie Roboterpositionen oder Inter-Robot-Kommunikation, werden online protokolliert, um eine ausgiebige Analyse und Bewertung der Experimente zu ermöglichen. Darüber hinaus lassen sich umfangreiche Tests zwischen unterschiedlichen Algorithmen mit der Telewerkbank durchführen. Eine interessante Neuerung der Experimentierplattform bildet dabei die Ergänzung eines Greifers, mit dessen Hilfe sich verschiedene Testszenarien für Multi-Roboter-Experimente automatisch erstellen lassen. Die Bewegung des Greifers wird durch drei Linearantriebe und ein Schwenkmodul realisiert, die von einem integrierten Leitrechner gesteuert werden. Die Telewerkbank verfügt über einen Arbeitsbereich von 3,6 m x 3,6 m, der sich für unterschiedliche Experimente in vier unabhängige Quadranten unterteilen

lässt. Jeder Quadrant wird durch eine leistungsstarke Videokamera überwacht, deren Daten an einen Videosever übertragen und zur Positionserfassung genutzt werden. Der Zugriff auf Ressourcen der Telewerkbank und auf Versuchsergebnisse früherer Experimente ist vor Ort sowie entfernt über einen zusätzlichen Webserver möglich, damit auch geografisch verteilte Nutzer gemeinsam Experimente durchführen können. Die neue Telewerkbank erlaubt es somit Wissenschaftlern, global zu kooperieren und Multi-Roboter-Experimente in nachgestellten Umgebungen durchzuführen.

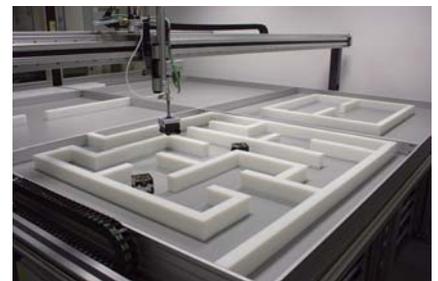
Als Roboterplattform wird in erster Linie der Miniroboter BeBot verwendet. Dieser Robotertyp zeichnet sich durch eine modulare Architektur aus, die sich für verschiedene Anwendungen konfigurieren lässt. Neben einem Mikrocontroller-FPGA-Modul für eine leistungsfähige Informationsverarbeitung stehen auch ein Sensormodul und ein Kommunikationsmodul bereit. Darüber hinaus lassen sich aber auch beliebige kommerzielle Roboterplattformen mit der Telewerkbank nutzen.

### Analysewerkzeug

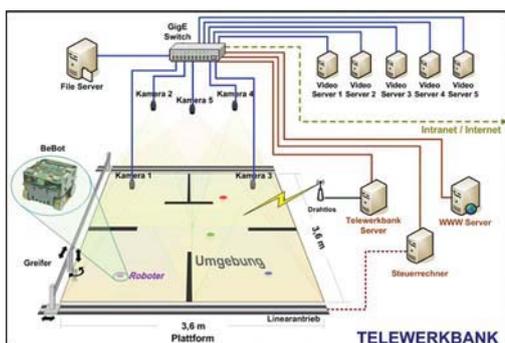
Für die Analyse der Experimente wird ein leistungsfähiges grafisches Analysewerkzeug verwendet, welches den MPEG4-Videostandard nutzt. Dieses Werkzeug erlaubt neben der Darstellung der Videodaten die zusätzliche Einblendung von Text- und Bildobjekten. Beispielsweise können Fahrwege der Roboter und Kommunikationsdaten visualisiert werden.



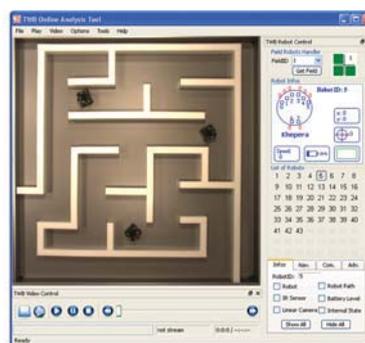
Robotiklabor mit der neuen Telewerkbank



Automatische Generierung von Umgebungen und Platzierung von selektierten Robotern durch integrierten Greifer



Systemarchitektur und Analysewerkzeug der Telewerkbank



**Gefördert durch:**  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

**Kontakt:**  
M.Sc. Andry Tanoto  
E-Mail: [Andry.Tanoto@hni.upb.de](mailto:Andry.Tanoto@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251/60 63 35

Dipl.Ing. Jaan Welzel  
E-Mail: [jwelzel@hni.upb.de](mailto:jwelzel@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251/60 63 50  
Telefax: +49 (0) 5251/60 63 51

# Dynamische Rekonfiguration im Weltraum

## Strahlungsresistente fehlertolerante Informationsverarbeitung



Für die European Space Agency entwickelt die Schaltungstechnik ein fehlertolerantes Informationsverarbeitungsmodul.

Ionisierende Strahlung und enorme Temperaturschwankungen stellen eine große Herausforderung für Informationsverarbeitung im Weltraum dar. Die Fachgruppe Schaltungstechnik entwickelt in einem von der European Space Agency (ESA) geförderten Projekt in Kooperation mit der TWT GmbH und Swiss Space Technology ein FPGA-Modul, das den Austausch von Hardwarefunktionen im Betrieb unter Weltraumbedingungen ermöglicht.

Derzeitig verfügbare anwendungsspezifische Standardprodukte (ASSP) liefern nur eine begrenzte Leistungsfähigkeit, welche nicht ausreicht, um die hohen Datenraten der in Weltraum-Missionen eingesetzten Sensoren zu verarbeiten. Zusätzlich ist der Entwurf systemspezifischer Hardware in der Regel mit hohen Entwicklungskosten verbunden. Demgegenüber kann ein modularer FPGA-basierter Ansatz die Wiederverwertbarkeit von Systemkomponenten verbessern, so dass nur spezielle Module neu entwickelt werden müssen. Im Gegensatz zu ASSPs verfügen FPGAs über eine genügend hohe Leistungsfähigkeit, um Datenverarbeitung aus Bereichen wie Bildverarbeitung oder Software Defined Radio zu ermöglichen. Im Vergleich zu Standardprozessoren bieten FPGAs häufig eine bessere Anpassungsfähigkeit, während ASSPs nicht die erforderliche Flexibilität besitzen.

### Ziel des Projekts

Rekonfigurierbare Hardware ermöglicht die Optimierung der Datenverarbeitung während einer Weltraum-Mission. Das System kann auf diese Art an jede mögliche Gegebenheit angepasst werden und ist somit in der Lage, mit unvorhersehbaren Ereignissen, die zur Entwurfszeit nicht berücksichtigt werden konnten, umzugehen. Ziel des Projekts ist der Entwurf und die Validierung eines dynamisch rekonfigurierbaren Verarbeitungsmoduls (engl. DRPM). Das System wird dabei derart entwickelt, dass Funktionseinheiten in Form von Hardwaremodulen zur Laufzeit ausgetauscht werden können. Zusätzlich besitzt das System einen Systemkontroller, welcher die für Weltraumanwendungen erforderlichen Schnittstellen (SpaceWire, MIL-STD-1553) zur Verfügung stellt.

Die Strahlungsbedingungen im Weltraum erfordern den Einsatz von gesonderten Fehlertoleranz- und Fehlerbehebungsverfahren. So werden beispielsweise die Konfigurationsdaten der Hardwaremodule zyklisch ausgelesen und auf Fehler überprüft. Sicherheitskritische Module können zu dem redundant ausgelegt werden. Dynamische Rekonfiguration ermöglicht dabei die Anpassung der Redundanz der Module in Abhängigkeit von den aktuellen Umgebungsbedingungen.

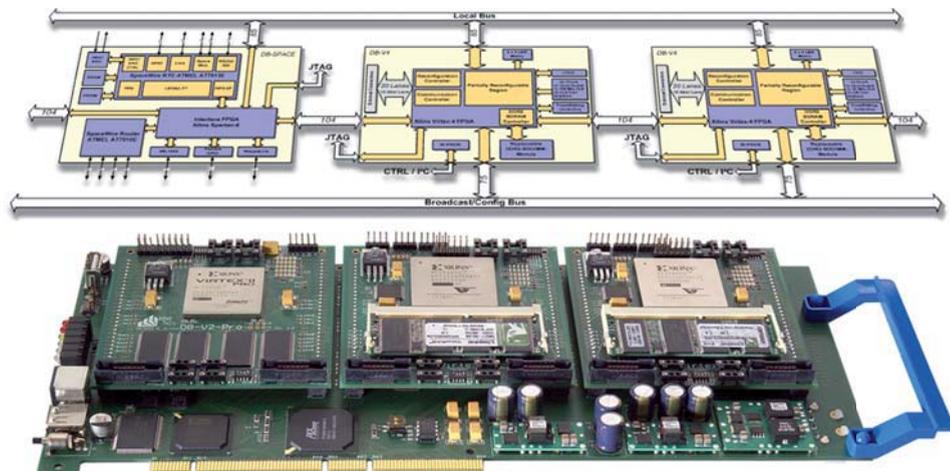
**Gefördert durch:**  
European Space Research & Technology Centre

**Projektpartner:**  
TWT GmbH  
Science & Innovation  
Swiss Space Technology

**Kontakt:**  
Dr.-Ing. Markus Köster  
E-Mail: koester@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0)5251/60 63 52

Dr.-Ing. Mario Porrmann  
E-Mail: Mario.Porrmann@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 63 52  
Telefax: +49 (0) 5251/60 63 51

<http://www.hni.uni-paderborn.de/sct>



Fehlertolerantes dynamisch rekonfigurierbares Informationsverarbeitungsmodul (DRPM) auf der Basis von RAPTOR X64

## RECS – Supercomputer für den Mittelstand

Moderne Supercomputer sind für mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen durch ihre hohen Anschaffungs- und Betriebskosten oft nicht rentabel. Mit RECS soll sich dies ändern. RECS, ein ressourceneffizienter Cluster Server, wird z.Z. in Zusammenarbeit mit der Christmann Informationstechnik + Medien GmbH & Co KG und dem Paderborn Center for Parallel Computing vom Fachgebiet Schaltungstechnik entwickelt. Es handelt sich hierbei um einen Rechencluster, der durch seine einzigartigen Eigenschaften den Einstieg ins Supercomputing für mittelständische Unternehmen, Universitäten und andere Forschungseinrichtungen erleichtert. Im Gegensatz zu aktuellen Supercomputern ist RECS auf niedrige Energieaufnahme sowie geringe Abmessungen und Kosten ausgelegt, was das Produkt gerade für die genannten Gruppen interessant macht.

### RECS Cluster-Server

Mit mehr als 10 Rechenknoten (2 Rechenkern pro Knoten) in einem 19 Zoll Gehäuse mit nur einer Höheneinheit, ist der RECS Prototyp kompakter als die bisher führenden Blade-Systeme. Diese erreichen bei Verwendung von Doppelkernprozessoren lediglich eine Dichte von 3 Knoten pro Höheneinheit. Die Leistungsfähigkeit des ersten Prototypen wird bei über 200 Gigaflop/s liegen, gemessen mit dem für Supercomputer üblichen Lin-

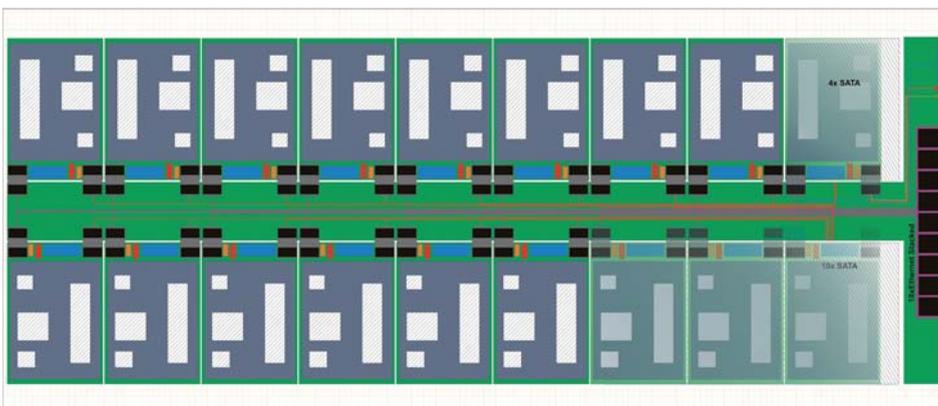
pack-Test. Mit einer angestrebten Energieeffizienz von mehr als 350 Megaflap/s pro Watt liegt RECS im internationalen Vergleich in der Spitzengruppe energieeffizienter Supercomputer.

Das Fachgebiet Schaltungstechnik beteiligt sich maßgeblich an der Entwicklung der nächsten RECS-Generation, welche die Leistungsfähigkeit des Systems auf mehr als 330 Gigaflop/s pro 19 Zoll Einschub erhöhen wird. Hierbei kommen spezielle Einplatinen-Computer mit leistungsfähiger und gleichzeitig energieeffizienter Hardware, wie z.B. Core2Duo-Prozessoren und DDR3-Speicher auf eigens entwickelten Basisplatinen zum Einsatz. Eine zentrale Signalleiterplatte (Backplane) stellt alle von den Komponenten benötigten Schnittstellen zur Verfügung und ermöglicht eine effiziente und hochperformante Vernetzung aller Basisboards innerhalb des Systems.

Zusätzlich wird eine kompaktere Bauweise im Vergleich zur Vorgängerversion erreicht, da keine Kabel für Daten und Spannungsversorgung im Gehäuse benötigt werden. Bei Verwendung von Doppelkernprozessoren finden bis zu 36 Kerne in einem 19 Zoll Gehäuse mit einer Höheneinheit Platz. In einer geplanten dritten Version sollen in der Schaltungstechnik entwickelte Prozessorplatinen mit vier Rechenkernen eingesetzt werden, mit denen dann die Dichte der Kerne auf 72 pro Höheneinheit steigt.



Vollständiger Rechner auf einer Platine mit allen wichtigen Bauteilen wie CPU, Chipsatz, Grafikern und Speichersockeln.



Schematischer Aufbau eines RECS-Servers. Bis zu 36 Rechenkern pro 19-Zoll Gehäuse mit nur einer Höheneinheit ermöglichen eine sehr hohe Prozessordichte.

**Gefördert durch:**  
Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie

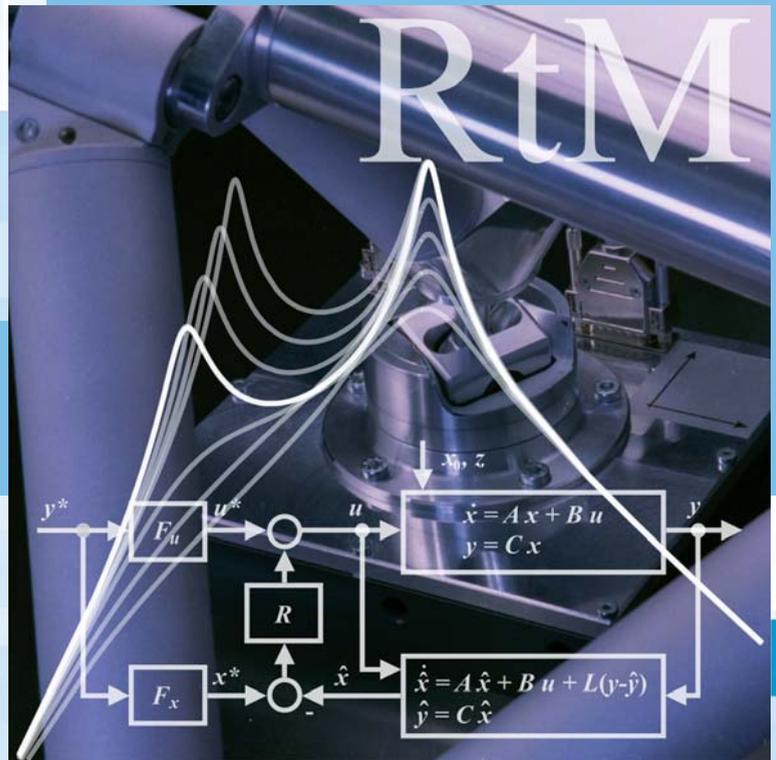
**Projektpartner:**  
Christmann Informationstechnik +  
Medien GmbH & Co. KG,  
Paderborn Center for Parallel Computing - PC<sup>2</sup>

**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. Manuel Strugholtz  
E-Mail: manustru@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 05251160 63 98

Dr.-Ing. Mario Pormann  
E-Mail: Mario.Pormann@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 05251160 63 52  
Telefax: +49 (0) 05251160 63 51

<http://www.hni.uni-paderborn.de/sct>

# Regelungstechnik und Mechatronik



## Modellbasierter Entwurf und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Der modellbasierte Entwurf ist eine wesentliche Technologie bei der Auslegung mechatronischer Systeme. Sowohl die Spezifikation von Komponenten, wie Aktoren und Sensoren, als auch die Regelungssynthese und der Systemtest beruhen auf Modellen. Die Integration von Modellierung und Simulation in den Entwicklungsprozess hat somit eine entscheidende Bedeutung bei der Entwicklung intelligenter mechatronischer Produkte.

### Modellbasierter Entwurf und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme

Der modellbasierte Entwurf mechatronischer Systeme bildet die Grundlage, um in einer frühen Entwicklungsphase künftige Produkte und ihre Eigenschaften rechnergestützt am Modell zu gestalten und zu analysieren. Unser Ziel ist, die Aussagefähigkeit der Modelle und der am Modell abgeleiteten Produkteigenschaften so zu erhöhen, dass Untersuchungen an aufwändig anzufertigenden Prototypen deutlich reduziert werden können. Auch in der Betriebsphase lassen sich Modelle sehr erfolgreich einsetzen, beispielsweise bei der Online-Diagnose oder beim Condition-based Monitoring. Schließlich sind Modelle des dynamischen Verhaltens ein unentbehrlicher Bestandteil bei der Analyse und der Synthese von Regelungen und bei deren Optimierung.

### Modellierung und Analyse des Systemverhaltens

Wir setzen konsequent auf eine physikalisch motivierte Modellierung, die den Vorteil hat, dass die Modelle transparent und erweiterbar sind und ein tiefgehendes Systemverständnis ermöglichen. Die Kunst ist dabei, eine der Aufgabenstellung angemessene Modellierungstiefe zu verwenden, insbesondere wenn die Modelle echtzeitfähig sein müssen. Häufig werden von einem System mehrere Modelle mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad benötigt oder Modelle, die unterschiedliche Aspekte beschreiben, wie z. B. das dynamische Verhalten (regelungstechnisches Modell), die Gestalt (CAD-Modell) oder ein FE-Modell für Lastuntersuchungen. Wir arbeiten an Methoden, um zwischen unterschiedlichen Modellen eine gewisse Durchgängigkeit zu erzielen, beispielsweise durch den Einsatz von Ordnungsreduktionsverfahren.

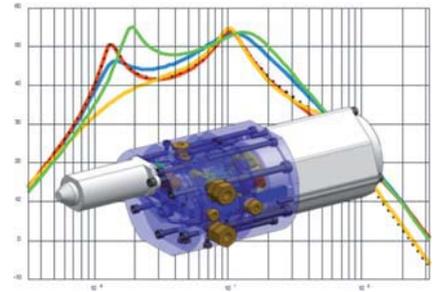
Eine wichtige Anwendung finden Modellierungstechniken bei der Auslegung mechatronischer Systeme. Durch Analysen im Zeit- und im Frequenzbereich

lassen sich Aktoren und Sensoren hinsichtlich der erforderlichen Eigenschaften wie z. B. Bandbreite, maximale Kraft oder Leistungsaufnahme am Modell spezifizieren, woraus sich weitere Eigenschaften wie Gewicht und Bauraum ableiten lassen. Neben den einzelnen Komponenten lässt sich auch das Verhalten des Gesamtsystems einschließlich Regelung und Software-Implementierung untersuchen.

### Regelungsentwurf und Optimierung

Beim Entwurf von Regelungs- und Steuerungssystemen geht es zum einen um die Sicherstellung eines gewünschten funktionalen Verhaltens (Regelgüte, Robustheit). Bei komplexen hierarchischen Systemen ist es aber ebenso wichtig, durch die Regelungsstruktur die Komplexität beherrschbar zu halten. Hier hat es sich bewährt, auf kaskadierte Regelungsstrukturen zu setzen. Ausgehend von dezentralen, häufig einschleifigen Reglern auf den unteren Ebenen, werden auf höheren Ebenen zunehmend mehrschleifige Regler verwendet. Die Inbetriebnahme der Regler kann dann sukzessive „von unten nach oben“ erfolgen. Wie bei der Modellierung ist es auch beim Regelungsentwurf wichtig, physikalisch interpretierbare Signalschnittstellen zu verwenden.

Optimierungstechniken stellen ein mächtiges Werkzeug beim Entwurf von Regelungen dar. Die Entwurfsanforderungen müssen hierzu als Gütemaße quantifiziert werden. Üblicherweise sind die unterschiedlichen Entwurfsanforderungen gegenläufig, so dass Mehrzieloptimierungsverfahren zum Einsatz kommen, die bestmögliche Kompromisseinstellungen liefern. Wir arbeiten hier im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 614 an selbstoptimierenden Regelungen, die in der Lage sind, sich selbsttätig auf veränderliche Ziele einzustellen. Die hierbei verwendete Methodik beruht auf der Mehrzieloptimierung, die bei selbstoptimierenden Regelungen online während des Betriebs in sogenannter „weicher Echtzeit“ abläuft.



Modellbasierte Auslegung eines Flügelzellenaktors



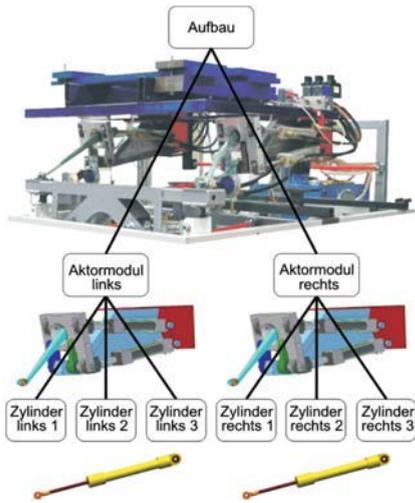
Viertelfahrzeugprüfstand für ein X-by-Wire-Fahrwerk



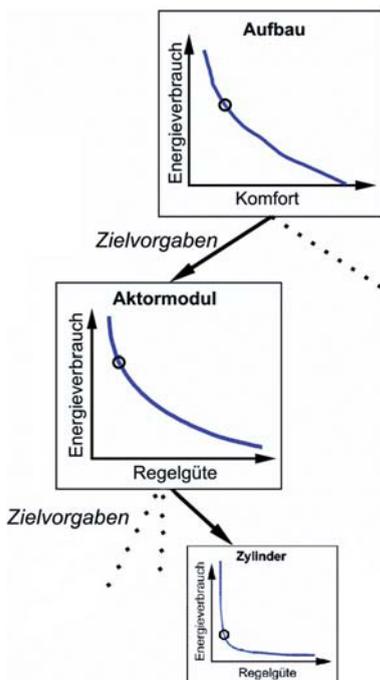
Parametrische Identifikation einer Parallelkinematik

# Selbstoptimierung in hierarchischen Systemen

Hierarchisierungs- und Strukturierungskonzepte für intelligente mechatronische Systeme



Hierarchische Struktur des Prüfstands für die aktive Federung des RailCab



Hierarchische Optimierung

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 614 werden selbstoptimierende mechatronische Systeme erforscht, die über eine inhärente Teilintelligenz verfügen und dadurch in der Lage sind, sich autonom auf ständig wechselnde Anforderungen einzustellen. Die betrachteten Systeme stellen hochkomplexe maschinenbauliche Erzeugnisse dar. Innerhalb des Teilprojekts C3 werden hierarchische Strukturierungskonzepte zur Verringerung der Komplexität und darauf aufbauende Methoden entwickelt, mit denen diese Systeme ausgelegt und ihr Verhalten verbessert werden können.

Im Folgenden werden die Vorteile der Strukturierung am Beispiel der hierarchischen Optimierung veranschaulicht. Mittels dieser Techniken ist ein mechatronisches System in der Lage, sich selbstständig auf wechselnde Umwelteinflüsse einzustellen und dabei zum Beispiel gleichzeitig den Komfort und den Energieverbrauch zu optimieren.

## Hierarchische Modellierung

Das Rückgrat des Selbstoptimierungsansatzes ist ein über das System verteiltes hierarchisches Modell. Ausgangspunkt des Modells ist ein in seine Teilsysteme zerlegtes mechatronisches System. Diese Zerlegung orientiert sich nicht an einer domänenspezifischen Einordnung, sondern an so genannten Bewegungsfunktionen. Einem PKW lässt sich beispielsweise die Bewegungsfunktion „Aufbau bewegen“ zuordnen, die wiederum aus weiteren Bewegungsfunktionen wie „Rad bewegen“ zusammengesetzt ist.

Auf diese Weise ergibt sich eine hierarchische Zerlegung des mechatronischen Systems. Jedes Teilsystem wird nun separat modelliert, wobei unterlagerte Teilsysteme ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Um die Komplexität auf höheren Ebenen der Hierarchie zu verringern, werden die unterlagerten Systeme lediglich in abstrahierter Form eingebunden. Hierzu werden die Modelle

systematisch um die nicht relevanten Anteile reduziert.

Insgesamt erhält man ein hierarchisches Modell, das den Vorteil besitzt, auf jeder Ebene ein möglichst einfaches Modell bereitzustellen, das jedoch alle relevanten Effekte hinreichend genau abbildet.

## Hierarchische Optimierung

Das Verhalten selbstoptimierender Systeme wird durch eine Menge von teilweise konkurrierenden Zielen bestimmt. Die Steigerung des Komforts oder die Verringerung des Energieverbrauchs sind Beispiele für solche Ziele. Selbstoptimierende Systeme sind in der Lage, autonom auf variierende Einflüsse zu reagieren, indem sie einen geeigneten Kompromiss zwischen diesen Zielen auswählen. Beispielsweise könnte ein Fahrzeug beim Befahren einer Steigung kurzzeitig auf maximalen Komfort verzichten, um den Gesamtenergieverbrauch zu reduzieren. Um zwischen verschiedenen Kompromissen wählen zu können, werden die zugehörigen Systemkonfigurationen mit Hilfe einer dezentralen, hierarchischen Optimierung ermittelt.

Prinzipiell verfügt jedes Teilsystem des mechatronischen Gesamtsystems über eigene Ziele, für die jeweils eigene Kompromisse berechnet werden. Dabei werden für jedes Teilsystem separat Konfigurationen ermittelt, die das gewünschte Verhalten optimal umsetzen. Die Beeinflussung der Teilsysteme untereinander wird dabei durch den Austausch abstrakter Zielvorgaben berücksichtigt.

Aufgrund der abstrahierten, kompakten Modellbeschreibung und des dezentralen, hierarchischen Optimierungsansatzes können auch große Systeme effizient behandelt werden. So konnte etwa für den Prüfstand der aktiven Federung des RailCab eine selbstständige Anpassung des Systemverhaltens auf variierende Schienenanregungen simuliert werden.

## Kontakt:

Dipl.-Math. Martin Krüger  
E-Mail: [Martin.Krueger@rtm.upb.de](mailto:Martin.Krueger@rtm.upb.de)  
Telefon: + 49 (0) 5251/60 55 68  
Telefax: + 49 (0) 5251/60 55 79

<http://www.hni.uni-paderborn.de/rtm>

# Aktive Spurführung

## Innovative Konzepte für selbstlenkende Schienenfahrzeuge

### Klassische passive Spurführung

Konventionelle Bahnfahrzeuge werden durch einen passiven Mechanismus im Gleis geführt. Die konischen Laufflächen der Räder und sogenannte Starrachsen, auf denen die beiden Räder fest miteinander verbunden sind, führen zu einer Pendelbewegung der Achse im Gleis, dem sogenannten Sinuslauf, wodurch sich die Achse selbst zentriert. Bis zu einer kritischen Geschwindigkeit ist diese Bewegung stabil; bei Überschreiten dieser Grenze ist sie nur noch durch das Spurspiel begrenzt. Dann kommt es zu Spurkranzläufen, die eine weitere Verschiebung unterbinden. Spurkranzläufe treten aber auch beim normalen Betrieb mit niedrigeren Geschwindigkeiten auf, z. B. aufgrund von Gleislagefehlern oder in engen Kurven. Neben dem erhöhten Verschleiß bei Spurkranzläufen verursachen diese auch unnötige Queranregungen auf das Fahrzeug.

### Aufbau des RailCab-Fahrwerks

Die Spurführung der RailCabs verwendet ein Einzelachs-fahrwerk mit lenkbaren Achsen und Losrädern. Da die Räder sich unabhängig voneinander drehen, ergibt sich kein Sinuslauf der Achse. Eine passive Selbstzentrierung findet also nicht statt, und die Achsen müssen aktiv gelenkt werden, um Spurkranzläufe zu vermeiden. Der Lenkwinkel der Achsen wird individuell über zwei hydraulische Zylinder eingestellt. Dies hat den Vorteil, dass die Querdynamik nicht mehr von der passiven Mechanik vorgegeben wird. Sie kann durch die Lenkregelung frei bestimmt werden, so dass das Fahrzeug sicher und komfortabel im Gleis geführt wird.

### Aktive Spurführung

Die Aufgabe der aktiven Spurführung besteht darin, die Querverschiebung des Fahrzeugs im Gleis zu regeln. Wie auch bei konventionellen Schienenfahrzeugen haben die Räder der RailCabs Spurkränze, damit die Fahrzeuge nicht ent-

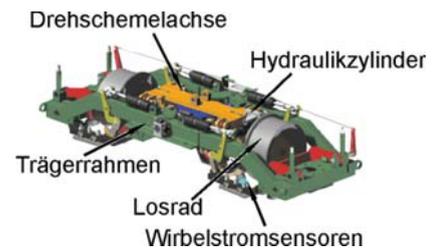
gleisen. Es besteht jedoch ein gewisser Freiraum, innerhalb dessen sich das Fahrzeug in Querrichtung frei bewegen kann (Spurspiel). Mit Hilfe von lenkbaren Achsen kann man die Querdynamik des Fahrzeugs innerhalb dieses Spurspiels aktiv beeinflussen, um den Verschleiß durch Spurkranzläufe und Querschleif zu minimieren. Wenn der Schienenverlauf bekannt ist, ergibt sich für die Fahrzeuge außerdem die Möglichkeit, die Lenkung vorzusteuern und damit eine optimale Spurführung zu gewährleisten, die sowohl den Komfort verbessert und den Verschleiß senkt als auch den Energieverbrauch minimiert.

### Passive Weichen

Eine aktive Spurführung ist die Voraussetzung dafür, dass einzelne Fahrzeuge an Weichen aus einem Konvoiverband ausscheren können. Weiterhin bedarf es dazu spezieller, sogenannter passiver Weichen, bei denen beide Fahrtrichtungen dauerhaft offen stehen und nicht wechselweise durch die Weichenzungen gesperrt sind. Bei der Durchfahrt einer solchen Weiche wird das Fahrwerk auf die Seite derjenigen durchgängigen Schiene gelenkt, der das Fahrzeug folgen will. Dadurch wird das auf der anderen Seite liegende Rad soweit zur Gleismitte gezogen, dass es mit der Lauffläche auf das Zungenende auffahren kann.

### Fahrwerke mit variablem Sturz

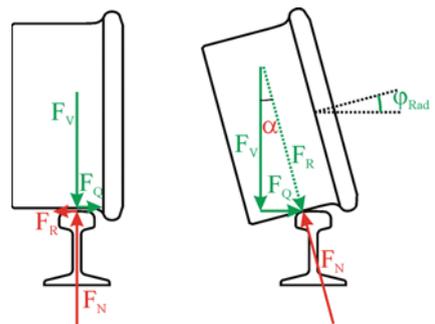
Ein Problem bei der aktiven Spurführung ist die Abhängigkeit von den ungewissen Reibkräften zwischen Rad und Schiene. Hier kann eine aktive Sturzverstellung Abhilfe schaffen. Dabei wird der Sturz der Räder so eingestellt, dass alle Kräfte stets normal in die Schiene, also formschlüssig, eingeleitet werden. Reibkräfte können auf diese Art vermieden werden. Momentan wird auf der Strecke der Neuen Bahntechnik Paderborn ein neuer einachsiger Versuchsträger mit individuell stütz- und lenkbaren Rädern in Betrieb genommen und getestet.



RailCab-Achs-Modul ohne Linearmotor



Sinuslauf einer konventionellen Starrachse und Weichenfahrt mit aktiver Spurführung



Sturzvariables Fahrwerk

### Kontakt:

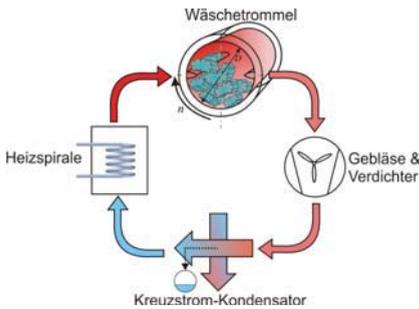
M.Sc. Jens Geisler  
E-Mail: Jens.Geisler@rtm.upb.de  
Telefon: +49 5251/60 54 87

Dipl.-Ing. Mikhail Borzykh  
E-Mail: Mikhail.Borzykh@rtm.upb.de  
Telefon: +49 5251/60 54 86  
Fax: +49 5251/50 55 79

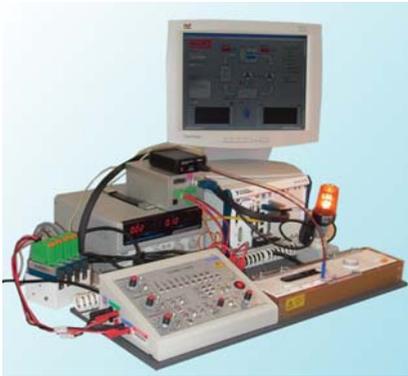
<http://www.hni.uni-paderborn.de/rtm>

# Modellbasierter Steuergerätetest für Haushaltsgeräte

Erhöhung der Testabdeckung von Steuergeräten durch modellbasierte Testautomatisierung



Schematische Darstellung eines Kondens-Wäschetrockners



Trockner-Hardware-in-the-Loop-Prüfstand

Um die zunehmende Komplexität von Steuerungssystemen beherrschbar zu machen, werden in der Automobilindustrie modellbasierte Testverfahren eingesetzt. Diese werden primär genutzt, um logisch-funktionale Fehler in der Steuergeräte-Software zu identifizieren; darüber hinaus ermöglichen sie ein automatisiertes Testen der einzelnen Funktionskomponenten. Im Rahmen eines Industrieprojektes mit der Firma Miele & Cie. KG wurde am Lehrstuhl für Regelungstechnik und Mechatronik ein Hardware-in-the-Loop (HiL)-Prüfstand für einen Wäschetrockner entwickelt, mit dem modellbasiert Trocknersteuergeräte getestet werden sollen.

## Echtzeitfähiges thermodynamisches Modell des Wäschetrockners

Als Grundlage für einen HiL-Prüfstand hat das RtM ein detailliertes Modell des Wäschetrockners entworfen. Das erste Bild zeigt eine schematische Darstellung des modellierten Kondens-Wäschetrockners. Der Trockner arbeitet mit einem geschlossenen Prozess, bei dem die Prozessluft im System verbleibt und nur die Feuchtigkeit abgeführt wird. Die von der Wäschetrommel kommende, mit Wasserdampf gesättigte Luft wird in einem Kreuzstromwärmeüberträger/Kondensator abgekühlt. Die Prozessluft wird mit der Umgebungsluft abgekühlt, so dass ein Teil des Dampfes auskondensiert. Das entstehende Kondensat wird aus dem System abgeführt, die Luft erneut im Heizregister erwärmt und in die Wäschetrommel zurückgeführt.

Diesen thermodynamischen Kreisprozess gilt es zu modellieren. Dafür wird der Prozess in vier Komponenten unterteilt. Zwischen diesen Komponenten fungieren die Temperatur und die relative Feuchte als Schnittstellen. In jeder Komponente wird, abhängig vom Eingang

mittels thermodynamischer Gesetze, der Ausgang neu berechnet, so dass wir ein echtzeitfähiges Simulations-Modell eines geschlossenen Trocknungsprozesses erhalten. Anhand einer abschließenden Validierung kann die Modellgüte ermittelt werden. Hierbei wird das Modell mit den am Prüfstand aufgenommenen Messreihen verglichen. Die Abweichung stellt ein Gütemaß für die Beurteilung des Modells dar.

## Ablaufsteuerung und Fehlerinjektion

Einen weiteren Punkt neben dem Modell bildet die Entwicklung einer Architektur für eine Testablaufsteuerung. Der Echtzeitteil besteht dabei aus einem Ausführungsrahmen, dem Trocknermodell und einem Fehlerautomaten. Durch die Injektion von Fehlern in das Modell können auch Randbereiche oder Störungen simuliert werden. So kann z. B. überprüft werden, ob auch bei einem Sensorausfall das Steuergerät einen sicheren Betrieb gewährleistet.

## Testautomatisierung und Testauswertung

Die Testautomatisierung ist eine Erweiterung der Architektur für die Ausführung von Testserien. Dabei versorgt die Testautomatisierung die Ablaufsteuerung für jeden Test mit den notwendigen Daten, wie Startparameter oder zu simulierende Fehler, und verwaltet die Testergebnisse. Ein besonders wichtiger Punkt dieser Testautomatisierung ist die automatische Bewertung der Ergebnisse. Jede HiL-Simulation erzeugt eine große Menge an Daten, die automatisch ausgewertet werden sollen. In weiteren Arbeiten sollen dazu Fehlergruppen erstellt und Kriterien entwickelt werden, die eine automatische und sichere Bewertung der Ergebnisse ermöglichen.

### Kontakt:

Dipl.-Inf. Dirk Koert  
E-Mail: Dirk.Koert@rtm.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 56 14

Dipl.-Ing. Alexander Löffler  
E-Mail: Alexander.Loeffler@rtm.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 56 10

M.Eng. Tarek H. M. Zeineldin  
E-Mail: Tarek.Zeineldin@rtm.upb.de  
Telefon: +49 (0) 525160 56 11  
Telefax: +49 (0) 525160 55 79

<http://www.hni.uni-paderborn.de/rtm>

## Mechatronisches X-by-Wire-Fahrzeug

Vollaktives Versuchsfahrzeug für den Einsatz in Forschung und Lehre

Seit der Erfindung des Automobils blieb, trotz vielfältiger technischer Weiterentwicklungen, das Grundkonzept eines vierrädrigen Fahrzeugs mit zentralem Antriebsmotor, mechanischen Koppelungen, Vorderradlenkung und den klassischen Bedienelementen (Lenkrad und Pedalerie) weitgehend unverändert. Die Potentiale mechatronischer Systeme werden so nur unzureichend genutzt.

Am Lehrstuhl für Regelungstechnik und Mechatronik wird zurzeit ein vollaktives mechatronisches Versuchsfahrzeug entwickelt und aufgebaut, das einen ganzheitlichen Ansatz verfolgt und so den Herausforderungen zukünftiger Fahrzeugentwicklungen gerecht wird. Es handelt sich um ein X-by-Wire-Fahrzeug, das mittels eines Joysticks gesteuert wird und vollständig elektrisch aktuiert ist. Die benötigte Energie wird durch einen Lithium-Ionen-Akku zur Verfügung gestellt. Dieser besitzt eine Kapazität von 60 Ah. Damit kann das Fahrzeug etwa 40–45 Minuten ohne Akkuwechsel oder -aufladung fahren. Für den Forschungsbetrieb ist dies ausreichend. Es hat ein Leergewicht von etwa 280 kg und kann eine Person (den Fahrer) befördern. Die maximale Geschwindigkeit beträgt etwa 60 km/h.

Das Fahrzeug ist modular aufgebaut und verfügt über vier baugleiche Radmodule. In jedem dieser Radmodule stehen drei Elektromotoren zur gezielten Beeinflussung der Längs-, Quer- und Vertikaldynamik zur Verfügung; sie ermöglichen:

- eine Einzelradlenkung,
- einen Einzelradantrieb (Direktantrieb mit Radnabenmotoren),
- eine aktive Federung.

Dies ermöglicht vollkommen neue Lenk- und Bremsstrategien durch die Vernetzung von Einzelradantrieb und Allradlenkung, z. B. eine variable Gestaltung der Steuertendenz durch die Allradlenkung. Die Bremswirkung wird durch ein negatives Moment der Antriebsmotoren (die

Motoren werden als Generatoren geschaltet und gewinnen so Energie zurück), durch ein gegensinniges Einschlagen der Räder nach innen oder eine Kombination aus Beidem erreicht. Nur für Notfallsituationen verfügt das Fahrzeug zusätzlich über eine mechanische Bremsanrichtung.

Die Verwendung von Elektromotoren hat folgende Vorteile:

- Sie sind gut modellierbar und damit auch gut regelbar,
- sie können zum Rekuperieren der Energie im Bremsfall genutzt werden,
- sie haben einen guten Wirkungsgrad,
- sie lassen sich über die Informationsverarbeitung gut vernetzen und ermöglichen die Realisierung einer deutlich verbesserten Fahrdynamik.

Eingriffe können daher sehr gezielt vorgenommen werden. Somit können der Fahrkomfort und die Fahrsicherheit mit Hilfe neuer Fahrdynamikregelfunktionen wesentlich gesteigert werden. Das Fahrzeug dient der Entwicklung und Erprobung dieser neuen Fahrdynamikregelfunktionen. Dabei können verschiedene Regelstrategien erprobt werden. Es wird ein ganzheitlicher Ansatz zu Entwurf, Integration und Test der Fahrdynamikregelfunktionen verfolgt.

Des Weiteren erlaubt die Struktur des Fahrzeugs die Untersuchung von Vernetzungs- und Koordinationsstrategien in einem weit über konventionelle Fahrzeuge hinausgehenden Maße. Die Potentiale des Einsatzes und der Integration mechatronischer Komponenten im Fahrwerk können so in idealer Weise aufgezeigt und erschlossen werden.

Besonders aber dient das Fahrzeug im Rahmen des SFB 614 auch als Demonstrator für die Potentiale und Methoden der Selbstoptimierung.



CAD-Modell des Versuchsfahrzeugs



Radmodul

### Kontakt:

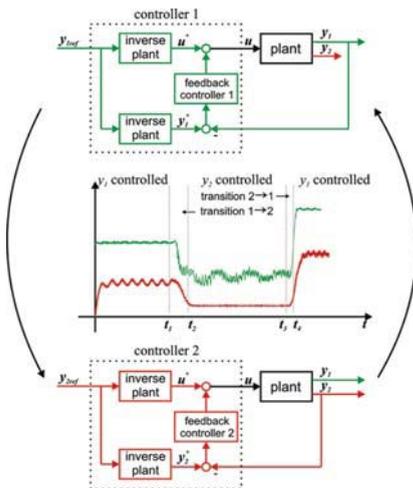
Dipl.-Ing. Vitalij Nachtigal  
E-Mail: [Vitalij.Nachtigal@rtm.upb.de](mailto:Vitalij.Nachtigal@rtm.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 05251160 55 55

Dipl.-Ing. Peter Reinold  
E-Mail: [Peter.Reinold@rtm.upb.de](mailto:Peter.Reinold@rtm.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 05251160 55 54  
Telefax: +49 (0) 05251160 55 79

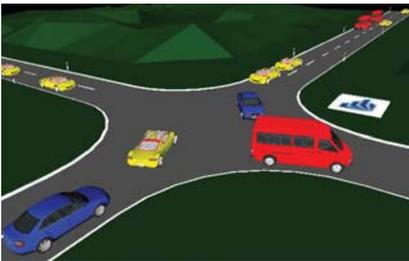
<http://www.hni.uni-paderborn.de/rtm>

# Selbstoptimierende Regelungen

Methoden zum Regelungsentwurf und ihre praktische Anwendung



Flachheitsbasierte Umschaltungsstrategie zwischen zwei Reglern



[www.kreuzungsmanagement.de](http://www.kreuzungsmanagement.de)

## Selbstoptimierung mit modell-prädiktiver Mehrzieloptimierung

Unter Selbstoptimierung eines technischen Systems werden die selbstständige Anpassung der Ziele des Systems auf veränderte Umweltbedingungen und die entsprechende autonome Anpassung des Systemverhaltens verstanden. Dazu muss die klassische Regelung eines Systems in drei Punkten erweitert werden: Zunächst müssen entscheidungsrelevante Einflüsse erfasst und analysiert werden. Daraufhin muss eine entsprechende Zielanpassung bestimmt werden, die dann durch eine geeignete Anpassung des eigentlichen Reglers umgesetzt wird. Die Selbstoptimierung definiert somit ein generisches Vorgehen, das auf viele verschiedene Weisen umgesetzt werden kann. Eine besonders elegante Möglichkeit, den zweiten und den dritten Schritt der Selbstoptimierung integriert umzusetzen, bietet die modellprädiktive Regelung (MPC) mit mehreren Zielfunktionen. Dabei wird das Systemverhalten im Voraus simuliert, um diejenigen Stelleingriffe zu bestimmen, welche die Zielfunktionen optimieren. Dabei muss häufig ein Kompromiss zwischen den einzelnen Zielen gefunden werden; dieser kann jedoch als mathematische Funktion beschrieben und automatisch berechnet werden.

## Selbstoptimierende Regelungen: Flachheitsbasierte Strategien für die Reglerumschaltung

Häufig ist mit der Anpassung des Verhaltens selbstoptimierender Systeme auch ein Wechsel der Regelstrategien verbunden, der in einer Änderung des Sollwerts bzw. Sollverlaufs, der Reglerparameter, der Reglerstruktur oder einem Wechsel der zu regelnden Größe bestehen kann. Ein Beispiel ist der Abstandsregeltempomat von Kraftfahrzeugen, wo in Abhängigkeit von der Verkehrssituation zwischen Abstands- und Geschwindigkeitsregelung umgeschaltet wird. Das Gesamtsystem soll dabei während des Umschaltvorgangs ein definiertes Verhalten aufweisen und unterschiedliche Anforderungen erfüllen.

Um dies zu erreichen, wurde eine neue, sehr allgemein anwendbare Strategie für das Umschalten von Regelungen entwickelt, die sich auf zwei etablierte Regelungskonzepte stützt: den flachheitsbasierten Entwurf und die Zwei-Freiheitsgrade-Struktur. Mittels dieser Umschaltstrategie lassen sich die Anforderungen nach Sprung- und Ruckfreiheit und die Vorgabe einer definierten Umschaltdauer direkt erfüllen; das Überschwingverhalten kann indirekt berücksichtigt werden.

## Dynamische Programmierung zur optimalen Trajektorienplanung beim autonomen Kreuzungsmanagement

Als eine weitere Anwendung des Entwurfs selbstoptimierender Regelungen wird die Trajektorienplanung beim Kreuzungsmanagement mittels der Dynamischen Programmierung untersucht. Bei der Dynamischen Programmierung handelt es sich um ein Optimierungsverfahren aus dem Bereich der diskreten Mathematik. Das Verfahren wurde von dem Mathematiker Richard Bellman entwickelt und ist eine sehr allgemeine Methodik, die nicht nur auf technische Probleme beschränkt ist, sondern auch auf ökonomische oder andere Aufgabenstellungen angewendet werden kann.

Zwei wichtige Eigenschaften der Dynamischen Programmierung bestehen darin, dass zum einen die maximale Laufzeit vorab abgeschätzt werden kann und dass zum anderen das globale Optimum, sofern es existiert, gefunden wird. Damit ist die Dynamische Programmierung grundsätzlich sehr gut geeignet für die Lösung von Optimierungsaufgaben in Echtzeitanwendungen. Allerdings wird bei bestimmten Aufgabenstellungen, wie z.B. der Optimierung dynamischer Systeme höherer Ordnung, der Rechenaufwand rasch so hoch, dass die Dynamische Programmierung nicht mehr praktikabel ist. Am Lehrstuhl für Regelungstechnik und Mechatronik (RtM) wird die Dynamische Programmierung im dezentralen autonomen Kreuzungsmanagement für Kraftfahrzeuge eingesetzt.

### Kontakt:

M.Sc. Jens Geisler  
E-Mail: [Jens.Geisler@rtm.upb.de](mailto:Jens.Geisler@rtm.upb.de)  
Telefon: +49 525160 54 77

Dipl.-Ing. Semir Osmic  
E-Mail: [Semir.Osmic@rtm.upb.de](mailto:Semir.Osmic@rtm.upb.de)  
Telefon: +49 525160 55 77

Dipl.-Wirt.-Ing. Torsten Bruns  
E-Mail: [Torsten.Bruns@rtm.upb.de](mailto:Torsten.Bruns@rtm.upb.de)  
Telefon: +49 525160 55 70  
Telefax: +49 525150 55 79

<http://www.hni.uni-paderborn.de/rtm>

# Geldnotentransport in Bankautomaten

## Modellierung, Simulation und adaptive Regelung der Geldnoten-Vereinzelung

Eine elementare Funktion von Geldautomaten ist das Abziehen und Vereinzeln einzelner Geldnoten aus einem Notensapfel. Die Geldnoten müssen auch unter schwierigen Bedingungen, wie sie z.B. bei gebrauchten und verunreinigten Scheinen auftreten, zuverlässig vereinzel werden können. Bislang geschieht der Abzugs- und Vereinzelungsprozess der Geldnoten rein gesteuert, so dass sich Änderungen der Walzen oder Streuungen der Geldnoteigenschaften ungemindert auswirken. Das führt insbesondere bei verunreinigten Geldnoten und bei Polymernoten in Verbindung mit feuchtem Klima zu Häufungen von Fehlabzügen. Auf der anderen Seite werden bei relativ neuen und unproblematischen Geldnoten, die den größten Anteil ausmachen, durch die Walzen beträchtlich höhere Reibungskräfte eingebracht, als für eine fehlerfreie Vereinzelung benötigt wird, was mit unnötigem Verschleiß der Walzen und der Geldnoten bezahlt wird.

### Modellierung

Um bei dem hohen evolutionären Entwicklungsgrad und der komplexen Funktion des Vereinzelungsmoduls effizient weiterentwickeln zu können, wird die Vorgehensweise aus der Mechatronikentwicklung — bestehend aus der Modellbildung, der ganzheitlichen Betrachtung des Systems und dem Einsatz von Regelungstechnik — konsequent auf den Vereinzelungsprozess in Geldautomaten angewendet. Dabei wurde zunächst der gesamte Vereinzelungsprozess (s. Bild oben) in unterschiedlichen Modellierungstiefen modelliert: angefangen vom 3D-FE-Modell zur Untersuchung der statischen Papierverformung über ein 2D-MKS-Modell des Gesamtsystems zur Untersuchung einzelner Vereinzelungsvorgänge bis hin zu einem stark vereinfachten Simulink-Ersatzmodell des Gesamtsystems zur Untersuchung von übergeordneten Regelstrategien für den Vereinzelungsvorgang.

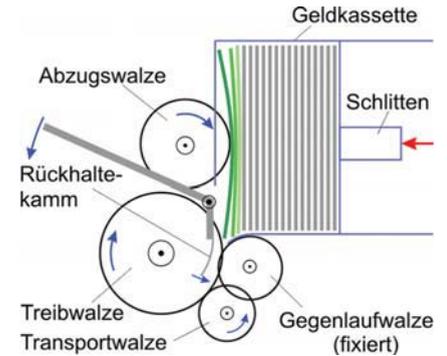
### Konstruktive Erweiterungen des Abzugsmoduls

Gemäß den Erkenntnissen aus der Simulation werden am Vereinzelungsmechanismus durch den Einsatz eines geregelten Abzugswalzenantriebs ein bis dahin notwendiger Rückhaltekeamm überflüssig sowie die Verschleißbeanspruchung der Abzugswalze und der Geldscheine deutlich reduziert. In einem zweiten Schritt wurde das Serien-Vereinzelungsmodul des Geldausgabeautomaten der Fa. Wincor-Nixdorf durch eine Verstelleinheit erweitert, die es ermöglicht, den Achsabstand der an der Vereinzelung beteiligten Walzen geregelt zu verstellen, um die Reibungskräfte zwischen Walzen und Geldscheinen während des Vereinzelungsvorgangs zu beeinflussen (s. Bild unten).

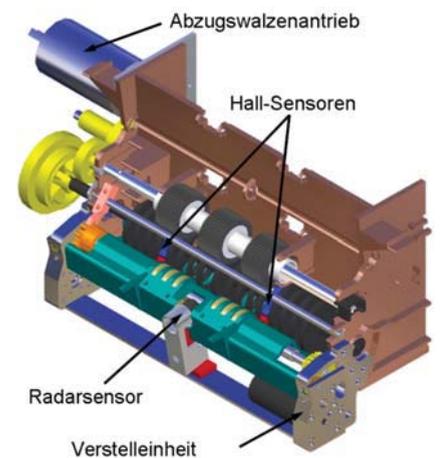
### Adaption an vorliegende Geldnoten

Durch die Interaktion der Regler des Abzugswalzenantriebs und der Verstelleinheit soll ermöglicht werden, die Haftkräfte zwischen den zu vereinzelnden Scheinen zu schätzen, ohne dass Fehlabzüge geschehen. Die geschätzten Werte geben dann Aufschluss über die Sicherheitsreserve vor einem ungewollten Doppelabzug.

Aktuell wird an einer Regelstrategie gearbeitet, welche die Schätzwerte der Reibungen zwischen den Geldnoten verwendet, um die Normalkräfte und die daraus resultierenden Reibungskräfte während des Vereinzelungsvorgangs an verschiedene Geldnoteigenschaften iterativ anzupassen, mit dem Ziel, sowohl die Geldnotebeanspruchung als auch die Fehlerhäufigkeit zu minimieren. Die iterative Adaption des Walzen-Achsabstands passt das Vereinzelungsmodul unter Verwendung einfacher Sensorik (s. Bild unten) an die Dicke, die Steifigkeit und die Reibkraftverhältnisse der eingesetzten Geldnoten an.



Funktionsprinzip des Geldnoten-Vereinzelungsmoduls



Konstruktive Erweiterung des Vereinzelungsmoduls für einen geregelten Vereinzelungsvorgang

**Projektpartner:**  
Wincor Nixdorf AG  
Banking Division  
Dr. Martin Landwehr

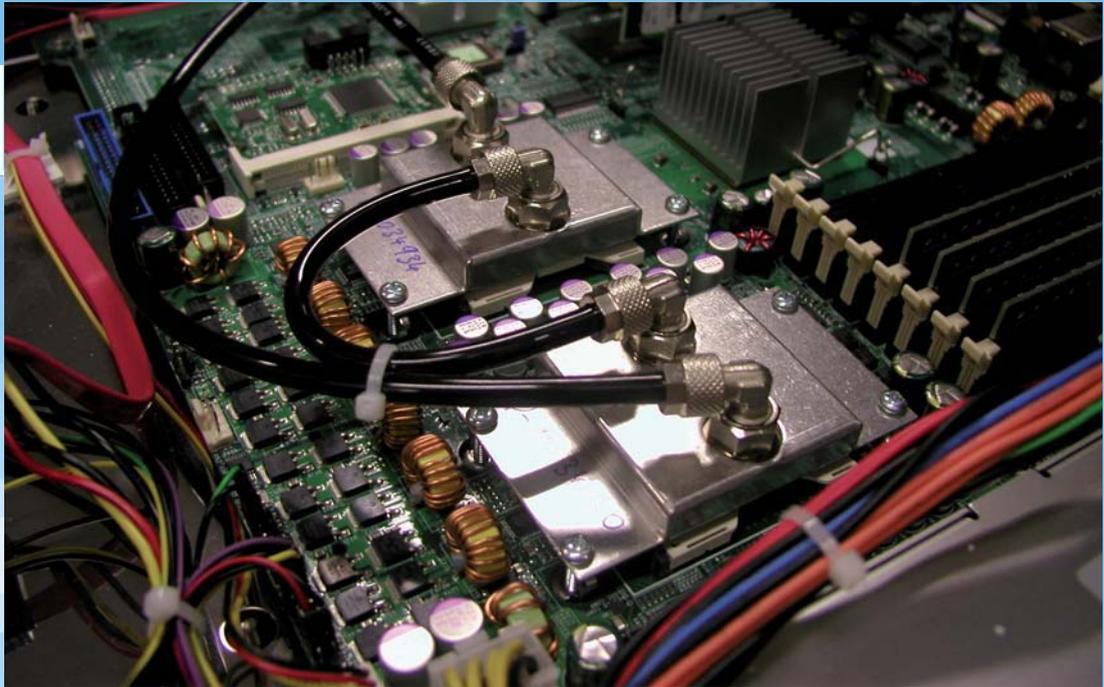
**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. Viktor Just  
E-Mail: Viktor.Just@rtm.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 56 13

Dipl.-Ing. Hüseyin Cinkaya  
E-Mail: Hueseyin.Cinkaya@rtm.upb.de  
Telefon: +49 5251/60 56 12  
Telefax: +49 5251/50 55 79

<http://www.hni.uni-paderborn.de/rtm>

# Paralleles Rechnen

## Paralleles Rechnen



Eine Besonderheit des Supercomputers des „Paderborn Center for Parallel Computing (PC<sup>2</sup>)“: Die CPU-Kühlung erfolgt durch direkt auf den Prozessoren angebrachte Wasserkühler.

## Neue Dimensionen durch effiziente Nutzung paralleler und verteilter Systeme

Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien

Paralleles und verteiltes Rechnen ist die Schlüsseltechnologie für die Lösung großer, rechenintensiver Problemstellungen in Wissenschaft und Technik. Es gilt, die Leistungsfähigkeit dieser Technologie weiter zu verbessern, das volle Leistungspotential für Anwendungen zu erschließen und neue Dimensionen der Realisierung zu eröffnen.

Die Bereitstellung großer Rechenleistung ist eine entscheidende Voraussetzung für die Realisierung komplexer Systeme und Anwendungen in Wissenschaft und Technik. Höchstleistungsrechner werden dabei heute vorwiegend als Parallelrechner realisiert. Bei diesen Systemen wird eine komplexe Aufgabe nicht von einem Computer allein übernommen, sondern von vielen gleichzeitig bearbeitet. Sie teilen sich die Arbeit, vergleichbar mit einer Fertigungsstraße oder einer großen Firma mit ihren verschiedenen Geschäftsbereichen. Die parallele Rechenleistung kann sowohl durch einen einzigen Rechner, der aus mehreren Prozessoren besteht, als auch durch mehrere Rechner, die auf verschiedene Standorte verteilt sind und miteinander kommunizieren, erbracht werden.

Die Bereitstellung leistungsfähiger paralleler und verteilter Rechnerarchitekturen, die Entwicklung effizienter Verfahren zur Realisierung von Anwendungen auf diesen Systemen sowie die prototypische Realisierung dieser Anwendungen sind die wesentlichen Arbeitsgebiete des Fachgebietes "Paralleles Rechnen".

Ein wichtiger Anwendungsbereich ist zum Beispiel die Computersimulation. Teure und zeitintensive Versuchsreihen oder gefährliche Experimente können mehr und mehr durch Computersimulationen ersetzt werden. Die dazu notwendige Rechenleistung kann nur mit skalierbaren Parallelrechnern erbracht werden. Diese hohe Rechenleistung wird auch bei der Lösung von Entscheidungsproblemen sowie bei vielfältigen Planungsproblemen, wie z. B. bei der Verkehrssteuerung, benötigt, wodurch wertvolle Ressourcen geschont bzw. Systeme effizienter genutzt werden können. Die entwickelten Methoden erproben wir u. a. im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens.

Die fortschreitende technologische Entwicklung hat in den letzten Jahren zur Existenz komplexer dynamischer Systeme, wie z. B. des Internets und der Mobilfunknetze, geführt, die nicht mehr zentral kontrolliert werden können. Solche Netze werden als verteilte Systeme mit eigennützig agierenden Agenten betrachtet. Diese werden als mathematische Spiele modelliert und mit Methoden der algorithmischen Spieltheorie analysiert. Seit Beginn des neuen Jahrtausends ist die Arbeitsgruppe auch in diesem neuen Forschungsgebiet aktiv und hat in den letzten Jahren wegweisende Arbeiten zu derartigen Fragestellungen veröffentlicht.

Vor diesem Hintergrund bearbeiten wir die Forschungsschwerpunkte:

- Theoretische Grundlagen des Parallelen und Verteilten Rechnens
- Architektur und Betrieb paralleler und verteilter Rechensysteme
- Einsatz des Parallelen Rechnens zur Lösung komplexer Probleme in Wissenschaft und Technik
- Analyse von dynamischen Systemen mit eigennützligen Agenten

Die Arbeitsgruppe ist an zahlreichen national und international geförderten Projekten beteiligt, in denen die Forschungsergebnisse zur Lösung praktischer Probleme der Industriepartner angewandt werden. Durch die enge Kooperation mit den Industriepartnern ergeben sich umgekehrt immer wieder neue Impulse und Fragestellungen für unsere eigenen Forschungsaktivitäten.

Mit unseren Lehrveranstaltungen verfolgen wir das Ziel, den Studierenden fundiertes, forschungsnahes Wissen über das Parallele Rechnen, umfassende Fertigkeiten im praktischen Einsatz sowie Erfahrungen in realen Projekten zu vermitteln.

**AEOLUS** Integrated Project IST-015764  
Algorithmic Principles for Building Efficient Overlay Computers

Das EU-Projekt AEOLUS - Algorithmic Principles for Building Efficient Overlay Computers, ist ein Kooperations-Forschungsprojekt der Fachgruppe mit insgesamt 23 europäischen Partnern.

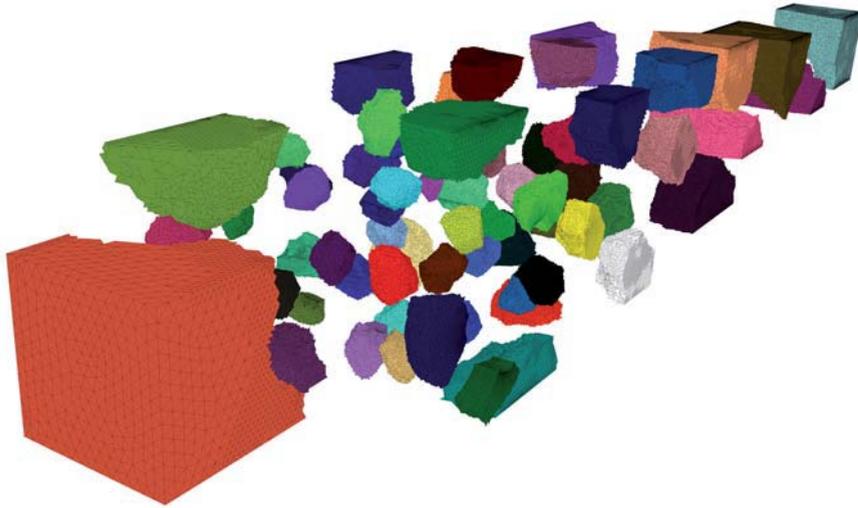


Prof. Dr. Burkhard Monien wurde am 7. Juli 2009 im Rahmen der jährlichen Wissenschaftskonferenz „International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP)“ auf Rhodos in Griechenland zum Präsidenten der „European Association for Theoretical Computer Science (EATCS)“ gewählt.

Die gemeinnützige Organisation EATCS hat etwa 750 Mitglieder und verfolgt das Ziel, die Entwicklung der theoretischen Informatik in Europa nachhaltig zu fördern. Um dieses Ziel zu erreichen, tritt die EATCS sowohl als Veranstalter als auch als Sponsor von einschlägigen wissenschaftlichen Konferenzen auf, trägt zur Durchführung von Preisverleihungen bei und veröffentlicht und verbreitet wissenschaftliche Ergebnisse. Zudem unterstützt und koordiniert sie die Forschung und Lehre auf dem Gebiet der theoretischen Informatik in Europa.

# Formoptimierte Graphpartitionierung

Lastbalancierung in parallelen adaptiven numerischen Simulationen



Ein Beispiel für ein formoptimiertes Partitionierungsergebnis des neuen Verfahrens. Das Bild zeigt das aufgeteilte Simulationsgebiet eines 3-dimensionalen DFG Benchmark-Problems („Umströmung eines Zylinders in einem Kanal“). Zur besseren Darstellung wurden die Partitionen extrudiert. Man erkennt die oberflächenoptimierten Gebiete, die das neue Verfahren liefert.

Rechnergestützte numerische Simulationen sind oft ein wichtiger Bestandteil im Entwicklungsprozess komplexer technischer Produkte. Solche Simulationen erfordern die Diskretisierung der zugrunde liegenden mathematischen Problembeschreibung. Die etablierte Finite-Element-Methode zerlegt dazu das Simulationsgebiet in einfache geometrische Elemente, z.B. Tetraeder, an deren Eckpunkten die Lösung einer partiellen Differentialgleichung numerisch angenähert wird. Je feiner diese Diskretisierung gewählt wird, desto besser ist die Qualität der Näherungslösung, allerdings führen mehr Elemente auch zu einem höheren Speicher- und Rechenaufwand. Da aktuelle Simulationen viele Millionen Elemente umfassen, ist eine schnelle und genaue Bearbeitung nur auf einem Parallelrechner möglich.

Die effiziente Nutzung eines parallelen Systems erfordert eine gleichmäßige Aufteilung der Rechenlast auf die Prozessoren. Der dadurch zusätzlich notwendige Datenaustausch zwischen den Prozessoren muss auf Grund der vergleichsweise hohen Kommunikationskosten möglichst gering gehalten werden.

Da die Berechnung der Näherungslösung an einem Eckpunkt die Daten aller

benachbarten Punkte benötigt, muss bei der Aufteilung darauf geachtet werden, dass benachbarte Elemente möglichst auf demselben Prozessor platziert werden. Außerdem kann sich im Verlauf einer Berechnung herausstellen, dass die Diskretisierung in Teilen des Simulationsgebietes nicht fein genug ist. Um eine genauere Lösung zu erhalten, muss dann die Zahl der Elemente in diesem Gebiet erhöht werden. Dieser Adaptionschritt führt oftmals zu einem Ungleichgewicht der Rechenlasten und macht daher deren erneute Balancierung gemäß der genannten Kriterien notwendig. Außerdem sollten dabei so wenige Elemente wie möglich auf andere Prozessoren migriert werden, da diese Operation vergleichsweise teuer ist.

Die Beziehungen zwischen den Elementen lassen sich als Graph modellieren, dessen Knoten die Berechnungen und dessen Kanten die Datenabhängigkeiten darstellen. Eine gängige Methode, die Rechenlasten auf die Prozessoren zu verteilen, besteht nun darin, die Knoten des Graphen in gleich große Mengen (Partitionen) derart aufzuteilen, dass sich möglichst wenige Kanten zwischen Knoten verschiedener Partitionen befinden. Dieses entspricht dem klassischen Graphpartitionierungsproblem.

Allerdings kann die tatsächliche Kommunikation viel genauer durch die Anzahl der Knoten an den Partitionsrändern dargestellt werden. Daher haben wir ein neues Verfahren entwickelt, welches gute, in Abhängigkeit vom Simulationsgebiet möglichst runde, Partitionsformen berechnet. Hierdurch erzielen wir meist zusammenhängende Partitionen mit einer geringen Randknotenzahl. Da sich unser Verfahren im Unterschied zu vielen anderen sehr gut für die schrittweise Verbesserung einer gegebenen Partitionierung eignet, balanciert es gleichzeitig mit wenig Migration. Darüber hinaus entstehen im Allgemeinen kompakte, zusammenhängende Partitionen mit kurzen glatten Rändern.

#### Gefördert durch:

DFG-Schwerpunktprogramm 1307  
„Algorithm Engineering“



#### Kontakt:

Dr. rer. nat. Henning Meyerhenke  
E-Mail: [henningm@upb.de](mailto:henningm@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51160 67 30  
Telefax: +49 (0) 52 51160 66 97

# Algorithmische Spieltheorie

## Analyse von Systemen mit eigennützligen Agenten

Das Gesamtverhalten großer zeitvarianter Systeme wird häufig durch das Zusammenwirken vieler autonomer Agenten bestimmt. Verkehrssysteme oder das Internet sind typische Beispiele für solche Systeme: Eigennützlige Agenten (=die Benutzer) beeinflussen durch ihr privates Verhalten das Verhalten des Gesamtsystems, und damit auch die Kosten anderer Agenten im System. Durch sein privates Verhalten im System versucht jeder autonome Agent, seine eigenen Kosten zu minimieren, während eine zentrale Regulierung eher versuchen würde, ein global optimales Systemverhalten zu berechnen.

Dynamische Systeme dieser Art sind aufgrund ihrer Größe und der Eigennützlizkeit ihrer Benutzer nicht zentral regulierbar. In Systemen mit eigennützligen Agenten repräsentieren Nash-Equilibrien stabile Zustände. Ein Systemzustand ist in einem Nash-Equilibrium, wenn kein Agent seine Kosten durch eine Änderung seines Verhaltens verringern kann, solange alle anderen Agenten bei ihrem Verhalten bleiben. Dabei unterscheidet man zwischen reinen Nash-Equilibrien, in denen Agenten ein bestimmtes Verhalten wählen, und gemischten Nash-Equilibrien, in denen Agenten eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Menge der ihnen möglichen Verhalten auswählen. Systeme dieser Art kann man als mathematische Spiele modellieren in denen die Agenten die Spieler repräsentieren.

Der Satz von Nash sagt aus, dass alle Spiele ein gemischtes Nash-Equilibrium besitzen. Es ist bis heute ein offenes Problem, ob es einen effizienten Algorithmus zur Berechnung von gemischten Nash-Equilibrien gibt.

Ein schon früh untersuchtes Problem ist ein Routenproblem mit eigennützligen Benutzern. Auf einem Straßennetz bewe-

gen sich Autofahrer. Jeder Autofahrer will von einem Startort zu einem Zielort reisen und darf seine Route frei wählen. Seine Fahrzeit, d.h. seine privaten Kosten, hängt jedoch auch von der Routenwahl anderer Autofahrer ab, weil die Fahrzeit entlang einzelner Straßen mit wachsendem Verkehrsaufkommen steigt. Es ist bekannt, dass es Straßennetze gibt, in denen die Eigenständigkeit der Autofahrer zu schlechten Systemkosten führt.

Das berühmte Braess-Paradoxon zeigt sogar, dass diese Folgen durch den Neubau von Straßen entstehen können. Ein weiteres System, das in letzter Zeit intensiv untersucht wird, ist ein System für eigennütziges Scheduling auf parallelen Maschinen. Die Jobs sind eigenständige Benutzer und wählen die Maschine, auf der sie bearbeitet werden wollen. Der schlimmstmögliche Verlust an Systemoptimalität durch die Eigenständigkeit der Benutzer wird beschrieben durch die Koordinationsrate, d.h. dem maximalen (über alle möglichen Eingaben) Quotienten aus Systemkosten einer optimalen Lösung und den Systemkosten eines schlechtesten Nash-Equilibriums. Die Algorithmische Spieltheorie kombiniert die Mathematik der Spieltheorie und die Methoden der Algorithmik, um Systeme mit eigennützligen Benutzern zu analysieren. Dabei stehen in den Arbeiten der Gruppe Monien die folgenden Fragestellungen im Mittelpunkt:

- Komplexität der Berechnung von Nash-Equilibrien.
- Analyse der Koordinationsrate.
- Das Mechanism-Design Problem (d.h. finde ein Regelwerk, z.B. einen Auszahlungsmechanismus, für ein dynamisches System mit eigennützligen Agenten, so dass die Agenten ein Systemoptimum anstreben).



Ein Verkehrssystem als Beispiel für ein zeitvariantes System dessen Gesamtverhalten durch das Handeln autonomer Agenten (Autofahrer) bestimmt wird. Autofahrer bewegen sich als autonome Agenten im Straßenverkehr und jeder versucht seinen eigenen Nutzen (schnelles Erreichen des Zielorts) zu optimieren.

Die Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe Monien konzentrieren sich auf Routing- und Schedulingssysteme, in denen Spieler um Ressourcen konkurrieren, sowie auf Voronoi-Spiele, in denen Spieler sich Einflussphären sichern. Herausragende Ergebnisse in diesen Bereichen sind Analysen der Koordinationsrate, Existenznachweise für Nash Equilibrien und PLS-Vollständigkeitsbeweise für die Berechnung von Nash Equilibrien. Die erzielten Ergebnisse tragen grundlegend zum Verständnis dynamischer Systeme mit eigennützligen Agenten bei. Die Herausforderungen der Zukunft liegen in der Anwendung der Ergebnisse auf real existierende Systeme, wie etwa den Shuttlesystemen der Neuen-Bahn-Technik-Paderborn, in denen Routing- und Schedulingprobleme für autonome Shuttles gelöst werden müssen.

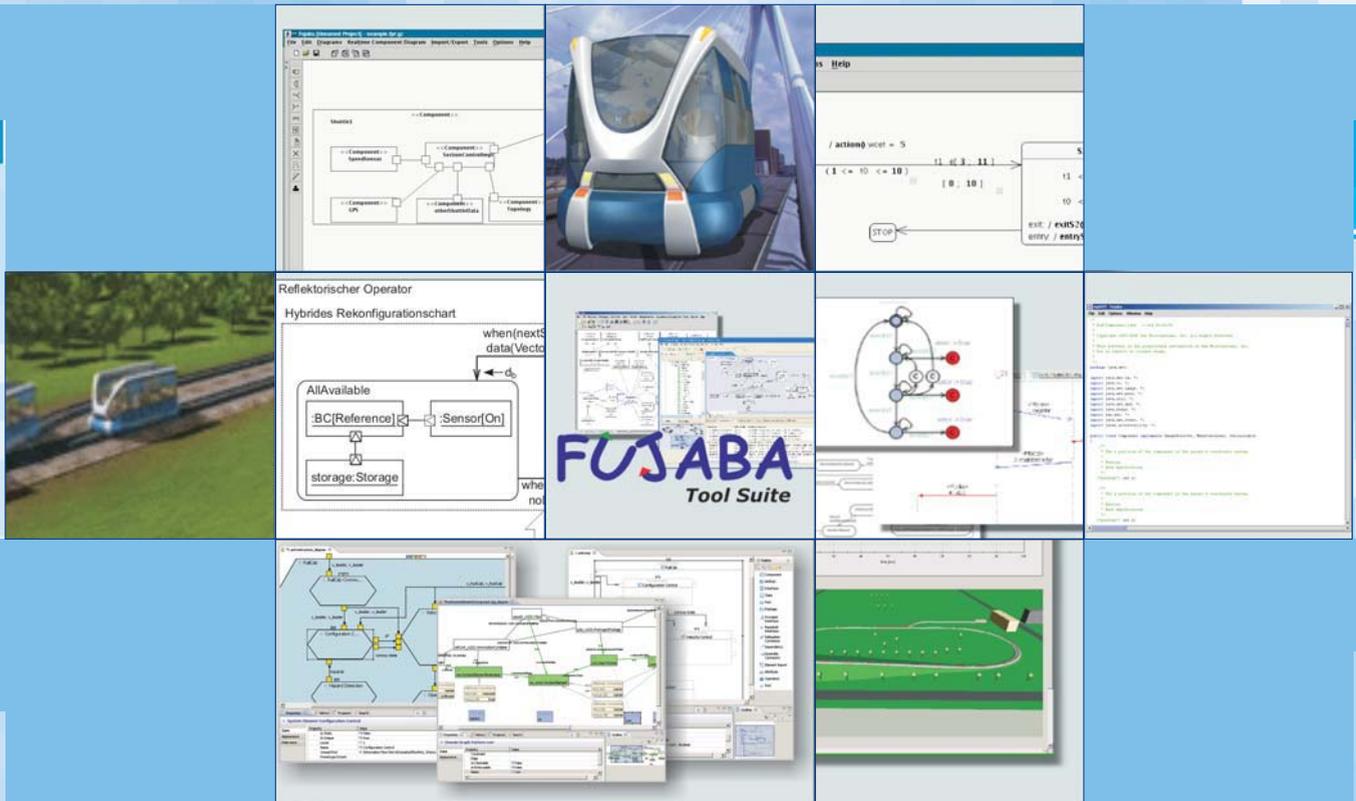
**Gefördert durch:**  
EU Integrated Project AEOLUS  
IST-015964

**Kontakt:**  
Dr. rer. nat. Rainer Feldmann  
E-Mail: obelix@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 5160 67 20

<http://www.uni-paderborn.de/cs/ag-monien>

# Softwaretechnik

## Softwaretechnik



## Prozesse, Methoden, Techniken und Werkzeuge für den Software-Lebenszyklus

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

Durch die fortschreitende Durchdringung unseres Alltags mit softwareintensiven Systemen wie z.B. im Automobilsektor oder in der Medizintechnik erlangt dieser Bereich immer größere gesellschaftliche Bedeutung. Die Fachgruppe Softwaretechnik setzt sich mit der Sicherheit und Zuverlässigkeit softwareintensiver Systeme durch modellbasierte Entwicklung unter anderem auf der Basis der UML (Unified Modeling Language) auseinander.

**Modellbasierter Entwurf softwareintensiver Systeme**

Komplexe, durch Software gesteuerte, technische Systeme begegnen uns in immer mehr Bereichen unseres Lebens. Die Entwicklung dieser Systeme kann bei hohen Qualitätsanforderungen aufgrund ihrer Komplexität verständlicherweise nur bewältigt werden, wenn geeignete Prozesse und Methoden während des gesamten Lebenszyklus der Software eingesetzt und durch Werkzeuge unterstützt werden. Daher ist der Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe Softwaretechnik die modellbasierte Entwicklung und Analyse von Software unter anderem auf der Basis der UML (Unified Modeling Language). Analysen können hierbei von der syntaktischen Konsistenz bis zum Modelchecking des Verhaltens reichen. Um die Skalierbarkeit beim Modelchecking zu erhöhen, werden domänenspezifische Einschränkungen ausgenutzt.

Die Projekte der Fachgruppe befassen sich u.a. mit dem komponentenbasierten Entwurf eingebetteter Software, der Entwicklung von Ansätzen zum Re-Engineering sowie der objektorientierten Spezifikation von Softwareprozessmodellen.

**Komponentenbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme**

Die betrachteten Systeme sind aus sich zur Laufzeit rekonfigurierenden Komponenten zusammengesetzt, die hybrides Verhalten aufweisen. Bei der Modellierung hybriden Verhaltens wird diskretes Echtzeitverhalten, das durch eine Echtzeiterweiterung der UML State Machines modelliert wird, mit kontinuierlichen regelungstechnischen Modellen, die durch Blockdiagramme beschrieben werden, hierarchisch integriert. Neben der Modellierung liegt ein Schwerpunkt auf Konzept-

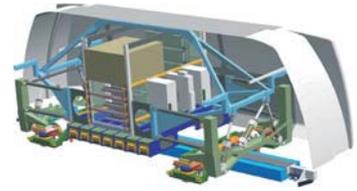
ten zur Generierung von Programmcode, welcher die Struktur, das Verhalten und die Rekonfiguration umsetzt. Durch Integration mit modellbasierten Analysen und Verifikationstechniken wird der durchgängige modellbasierte Entwurf für rekonfigurierende mechatronische Systeme unterstützt. Die Konzepte sind prototypisch im CASE Tool FUJABA Real-Time Tool Suite umgesetzt.

**Re-Engineering**

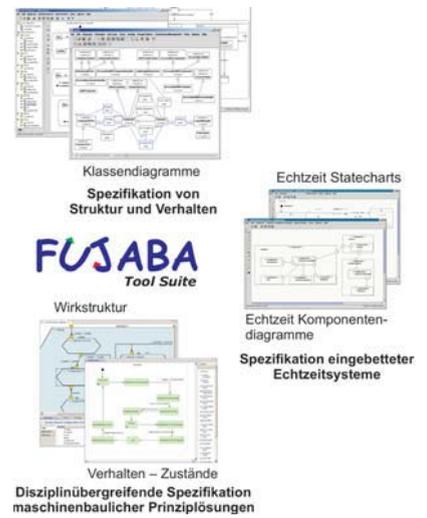
Die Wartung von hochkomplexen Softwaresystemen umfasst die Korrektur, Erweiterung und Anpassung der Software. Im Fachgebiet Softwaretechnik werden diverse Verfahren entwickelt, um Entwickler bei dieser komplexen Aufgabe zu unterstützen. Dazu zählen werkzeuggestützte Reverse-Engineering-Ansätze zur Rückgewinnung von Entwurfsmodellen aus Quellcode, u.a. durch die Erkennung von Entwurfsmusterimplementierungen. Auch die Analyse von Software bezüglich Entwurfsmängeln ist möglich (z.B. durch Erkennung von Anti Patterns und Bad Smells). Ein weiterer Schwerpunkt sind Verfahren zur Behebung von Entwurfsmängeln durch Anwenden von Modelltransformationen, deren Korrektheit verifiziert werden kann.

**Spezifikation von Softwareprozessmodellen**

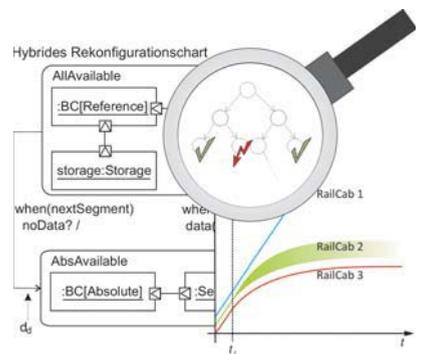
Neue Ansätze für die Entwicklung von interdisziplinären Entwicklungsprozessen auf dem Gebiet der mechatronischen Systeme sind ebenfalls ein Forschungsschwerpunkt. Der verfolgte Ansatz unterstützt die Konsistenzhaltung von Dokumenten, Versionen und Konfigurationen, die während des gesamten Lebenszyklus eines mechatronischen Produkts entstehen.



Für die Entwicklung eingebetteter Systeme mit hohen Qualitätsanforderungen wie beim RailCab sind geeignete Methoden und Werkzeuge notwendig.



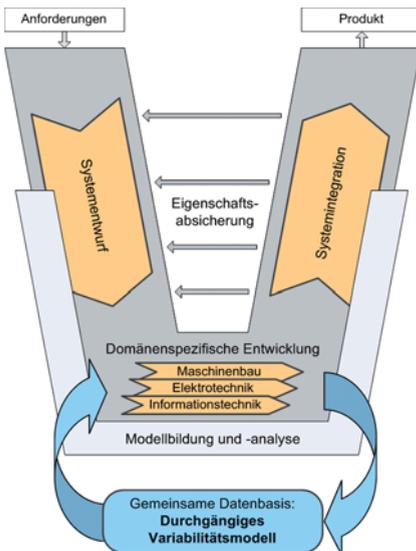
In der Fachgruppe Softwaretechnik entwickelte Werkzeuge für die modellbasierte Softwareentwicklung softwareintensiver und im Speziellen eingebetteter Systeme.



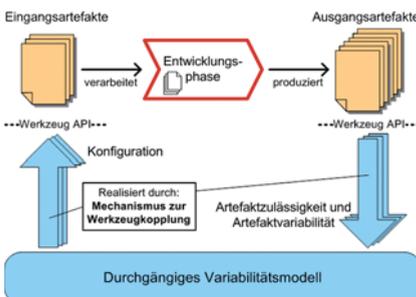
Die entwickelten Konzepte und Werkzeuge ermöglichen die Modellierung und Verifikation hybrider Komponenten.

# Durchgängiges Variantenmanagement

Konzept zur Erweiterung der automobilen Steuergeräteentwicklung



Entwurf mechatronischer Systeme nach VDI 2206 erweitert um gemeinsame Datenbasis



Generischer Mechanismus zur Werkzeugkopplung

Eine Vielzahl unterschiedlicher Funktionen in modernen Fahrzeugen wird heutzutage von Software übernommen. Sei es das Anti-Blockier-System, der Tempomat oder der funkgesteuerte Türöffner. Durch die rasant steigende Anzahl und Komplexität der unterschiedlichen Softwaresysteme wird auch deren Entwicklung und Integration immer komplexer. In der Automobilindustrie ist zusätzlich das Thema der Produktvarianten von zentraler Bedeutung. Um eine möglichst große Kundengruppe anzusprechen, sind die Fahrzeug aus aktuellen Baureihen zu einem hohen Grad individualisierbar und werden dem Kundenwunsch entsprechend konfiguriert.

Darüber hinaus bewirkt der Kostendruck die Einführung von Produktlinienansätzen sowohl innerhalb einzelner Fahrzeughersteller als auch bei herstellerübergreifenden Kooperationen. Angesichts dieser Entwicklungen verlangen Fahrzeughersteller eine entsprechende Werkzeugunterstützung für die Verwaltung der entstehenden Varianten von Software, Hardware, Daten, Modellen und Testszenarien. Es wird somit ein anwendungsübergreifendes Variantenmanagementkonzept benötigt.

Ziel der Arbeit ist es, aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich des Software-Engineering zu nutzen, um Varianten formal zu definieren. Solch eine formale Definition soll es verschiedenen Software-Werkzeugen erlauben, im Entwicklungsprozess anfallende Artefakte inklusive ihrer Varianten zu modellieren, zu verwalten und untereinander auszutauschen. Durch eine einheitliche Formalisierung des Variantenbegriffs soll außerdem eine werkzeugübergreifende Modellierung von Variantenabhängigkeiten und Fahrzeugkonfiguration ermöglicht werden.

## Gemeinsame Datenbasis

Bei Automobilen handelt es sich um mechatronische Systeme und so dient die VDI-Richtlinie 2206 als Orientierung

für den zugrunde liegenden Entwicklungsprozess der Steuergeräte. Im Fokus der Arbeit steht zwar die Entwicklung der Steuergerätesoftware, jedoch ist das Konzept aufgrund der gewählten Abstraktionstiefe auf die gesamte Fahrzeugentwicklung übertragbar. Da die verschiedenen Entwicklungsphasen ähnliche Informationen über die Produktvarianten benötigen und diese Varianz in ihren Entwicklungsartefakten abbilden, wird eine gemeinsame Datenbasis eingeführt, welche alle Varianten und Abhängigkeiten in einem Variabilitätsmodell enthält (s. oberes Bild). Durch diese zentrale Datenhaltung können Inkonsistenzen schneller aufgedeckt, Kommunikationsaufwände zwischen den Entwicklungsphasen verringert und umfassende Analysen durchgeführt werden.

## Generischer Mechanismus zur Werkzeugkopplung

Da die verschiedenen Entwicklungsphasen unterschiedliche Werkzeuge zur Bearbeitung ihrer Artefakte einsetzen, wird ein möglichst generischer Mechanismus benötigt, der die verschiedenen Entwicklungswerkzeuge an die Datenbasis anbindet (s. mittleres Bild). Diese Anbindung umfasst zum einen Konfigurationsaufgaben, d. h. das Bestimmen der zu einer Variantenauswahl zulässigen Artefakte, und zum anderen das Anpassen dieser Artefakte. Hierbei liegt der Gedanke zugrunde, dass sich für verschiedene Varianten nicht immer das Anlegen neuer Artefakte lohnt, da sie häufig viele Gemeinsamkeiten und nur geringe variantenspezifische Anteile besitzen. Stattdessen möchte man die gemeinsamen Teile nur einmal in einem Artefakt verwalten und fügt über den neuen Mechanismus je nach eingestellter Variante die variantenspezifischen Anteile ein. Im Rahmen dieser Arbeit werden zur Realisierung eines solchen Mechanismus Modelltransformationen eingesetzt.



### Kontakt:

Dipl.-Inform. Christian Bimmermann  
E-Mail: cbimmermann@s-lab.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251160 52 51  
Telefax: +49 (0) 5251160 39 85

<http://www.s-lab.upb.de>

# SPES 2020

## Innovationsallianz „Software Plattform Embedded Systems 2020“

Im Rahmen der nationalen Innovationsallianz „Software Plattform Embedded Systems 2020“ werden Lösungen für die domänenübergreifende und modellbasierte Entwicklung von eingebetteter Software erarbeitet. Modellbasierte Verfahren auf Basis eines soliden mathematischen Fundaments ermöglichen eine effiziente Entwicklung eingebetteter Systeme beginnend bei den initialen Kundenanforderungen über den Entwurf und die Implementierung bis hin zur Verifikation und Zertifizierung von Systemen.

An den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind 21 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft aus ganz Deutschland beteiligt. Im Laufe des Projektes ist geplant, weitere, insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen zu beteiligen, so dass ein breiter Transfer der Ergebnisse in die deutsche Wirtschaft gewährleistet wird. Das Projekt wird über drei Jahre mit aktuell 22 Mio. € gefördert und soll zunächst bis Oktober 2011 durchgeführt werden.

### Projektstruktur

SPES 2020 ist in ein Zentralprojekt bestehend aus sechs Arbeitspaketen und in fünf Anwendungsprojekte untergliedert (s. oberes Bild). Die Anwendungsprojekte entsprechen den in SPES 2020 betrachteten Domänen Automatisierungstechnik, Automotive, Energie, Medizin und Avionik. Im Zentralprojekt wird die domänenübergreifende Methodik für die Entwicklung eingebetteter Systeme mit den verschiedenen Schwerpunkten Requirements Engineering, Architekturmodellierung, Sicherheitsnachweis und Zertifizierung sowie parallele Echtzeitprozesse erarbeitet. Das Fundament dafür wird durch eine Methodik zur ganzheitlichen und durchgängigen modellbasierten Entwicklung gelegt. Zusätzlich wird die industrielle Verwertbarkeit der im Laufe des Projekts erarbeiteten Methoden empirisch evaluiert.

### Beteiligung des Fachgebietes Softwaretechnik

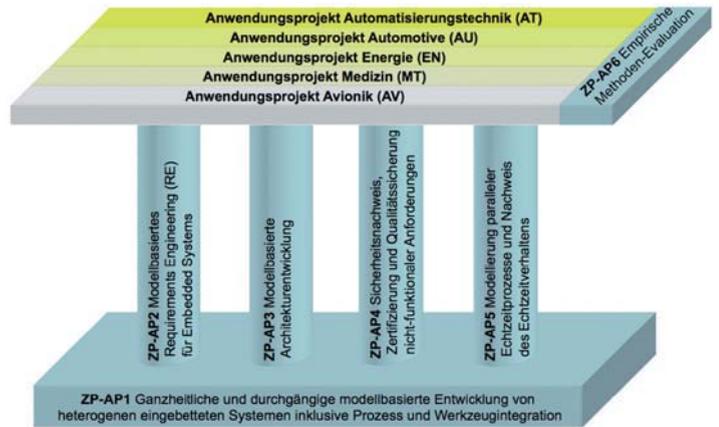
Das Fachgebiet Softwaretechnik bearbeitet in Zusammenarbeit mit dem Software Quality Lab (s-lab) und sei-

nem assoziierten Partner Hella KGaA Hueck & Co. ein eigenes Arbeitspaket im Anwendungsprojekt Automotive, das zudem stellvertretend von Prof. Schäfer koordiniert wird.

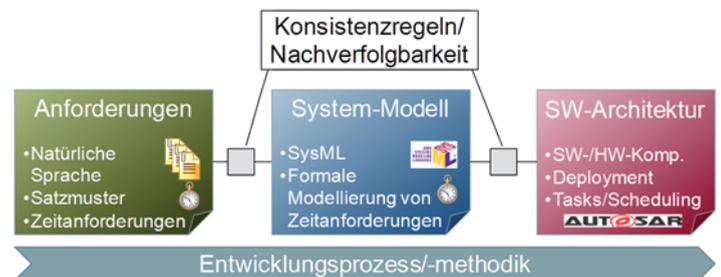
In diesem Arbeitspaket soll eine Entwicklungsmethodik erforscht werden, welche Requirements Engineering, Systemarchitektur- sowie Software-/ Hardwarearchitekturdesign modellbasiert

miteinander verknüpft (s. mittleres Bild). So sollen ausgehend von formalen, textuellen Anforderungen auf Basis von Satzmustern initiale Systemarchitekturen in Form von um Zeitverhalten erweiterten SysML-Modellen generiert werden. Nach weiteren Verfeinerungen sollen aus solchen Systemarchitekturen initiale AUTOSAR-Architekturen synthetisiert und im Hinblick auf Performance und Ressourcenauslastung bewertet werden. Zusätzlich werden Nachverfolgbarkeits- und Konsistenzregeln zwischen den einzelnen Modellen definiert. Letztendlich wird diese neue Entwicklungsmethodik in bekannte Prozessbewertungsmodelle eingeordnet.

Um die erarbeiteten Ergebnisse in die Zentralprojekte zu tragen und um sich mit diesen abzustimmen, beteiligt sich das Fachgebiet Softwaretechnik weiterhin an den Zentralprojekt-Arbeitspaketen eins, zwei und drei. Neben der Entwicklung von Konzepten für die modellbasierte Anforderungs- und Architekturspezifikation wird dort die ganzheitliche, SPES 2020 zu Grunde liegende Modellierungstheorie erarbeitet.



Projektstruktur



Vision des Arbeitspaketes drei im Anwendungsprojekt Automotive



**Kontakt:**

Dipl.-Wirt.-Inf. Matthias Meyer  
E-Mail: mmeyer@s-lab.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 53 91

Dipl.-Inform. Jörg Holtmann  
E-Mail: jholtmann@s-lab.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 52 52  
Telefax: +49 (0) 5251/60 39 85

<http://www.s-lab.upb.de>  
<http://www.spes2020.de>

# Projekt UML for automotive systems

Ziel ist die Verbesserung der Steuergeräteentwicklung im automobilen Umfeld

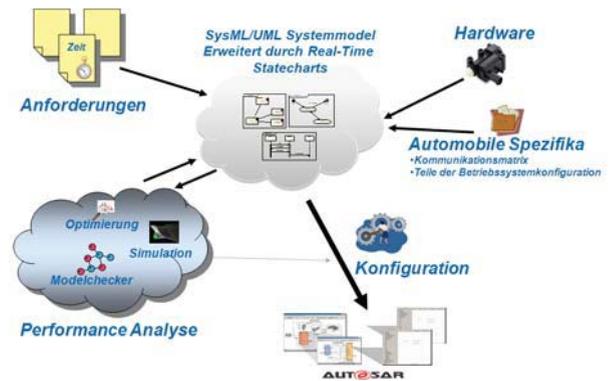
Die meisten Innovationen in modernen Fahrzeugen werden heutzutage nicht mehr durch Hardware realisiert. Vielmehr hat die Software diesen Part übernommen. Beispiele für neue Innovationen, die mittels Software realisiert werden, sind Fahrerassistenzsysteme, wie z.B. Spur- oder Verkehrszeichenerkennungssysteme oder aber Einparkassistenten. Kennzeichnend für diese Systeme sind, dass verschiedene Komponenten zusammenarbeiten müssen, um die neuartige Funktionalität zu realisieren. Da dies durch Software geschieht, wird deren Anteil demzufolge immer weiter wachsen. Daher gerät auch die Entwicklung der Software für eingebettete Systeme im Automobilbereich immer mehr in den Fokus des Interesses.

Die jetzige Entwicklungsmethode ist aber dem steigenden Anteil der Software und ihrer Komplexität nicht mehr gewachsen. Vor allem die Integration der verschiedenen Softwaremodule zu einem einheitlichen Gesamtsystem ist äußerst schwierig. Angesichts dieser Entwicklungen werden neue Entwicklungsmethoden benötigt, die Lösungen für die zuvor beschriebenen Probleme anbieten. Daran arbeiten das Fachgebiet Softwaretechnik und das Software Quality Lab in enger Kooperation mit dem weltweit agierenden Automobilzulieferer Hella KGaA Hueck & Co. aus Lippstadt.

## Projektziel:

Ziel des Projektes ist es, aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich des Software-Engineering zu nutzen, um neue Entwicklungsmethoden für eingebettete Systeme im Automobilbereich zu entwickeln. Vor allem die Umsetzung der zeitlichen Anforderungen spielt bei den automobilen Steuergeräten eine entscheidende Bedeutung, da die Systeme oft zeitkritisch sind. Hierzu werden Analysen bereits in der Entwicklungsphase benötigt. Die Analyseergebnisse dienen dem

Entwickler als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen. Eine Voraussetzung ist aber, dass die zeitlichen Bedin-



Übersicht über das Projekt

gungen auch formal modelliert werden, damit sie später genutzt werden können.

Deshalb wird die Systemmodellierung durch Real-Time Statecharts erweitert. Diese wurden vom Fachgebiet Softwaretechnik im Sonderforschungsbereich 614 (Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus) entwickelt. Mit ihrer Hilfe werden automobilspezifische Eigenschaften modelliert und entsprechende Analyseverfahren durchgeführt. Die Entwicklungsmethoden helfen somit die wachsende Komplexität zu beherrschen. Ferner sollen sie bei der Integration der verschiedenen Softwarekomponenten zu einem Gesamtsystem helfen. Der Fokus der Arbeit liegt hierbei auf der „Unified Modeling Language“ (UML) und verwandten Notationen sowie den damit verbundenen Methoden. Hierzu gehört auch der AUTOSAR Standard. Dieser Standard dient zur Beschreibung einer Elektrik/Elektronik (E/E) Architektur in einem Fahrzeug und wird von verschiedenen Automobilherstellern, Zulieferern und weiteren Firmen eingesetzt. Ein Merkmal von AUTOSAR ist, dass dieser Bestandteile vorgibt, die nur noch konfiguriert werden müssen. Ein Teil der Konfigurationen des AUTOSAR Standards kann automatisch aus den Modellinformationen des erweiterten Systemmodells ermittelt werden. Somit kann durch dieses Projekt der Entwicklungsprozess von Steuergeräten deutlich verkürzt werden.



## Kontakt:

Dipl.-Inform. Jan Meyer  
E-Mail: [jmeyer@s-lab.upb.de](mailto:jmeyer@s-lab.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 525160 52 52  
Telefax: +49 (0) 525160 39 85

<http://www.s-lab.upb.de>

# FUJABA Real-Time Tool Suite

Die FUJABA Real-Time Tool Suite basiert auf dem Open Source UML Case Tool FUJABA. FUJABA wird seit 1997 am Lehrstuhl Softwaretechnik entwickelt. Schwerpunkt der FUJABA Real-Time Tool Suite ist die modellbasierte Entwicklung eingebetteter (mechatronischer) Systeme.

Eingebettete Software stellt in mechatronischen Systemen einen großen Teil der Wertschöpfung dar. Typischerweise werden Regelungen oder Steuerungen in Software umgesetzt. Durch die starke Vernetzung mechatronischer Systeme wird Software auch zur nachrichtenbasierten Kommunikation und Koordination zwischen den einzelnen verteilten mechatronischen Systemen eingesetzt. Der Einsatz von Software erlaubt eine wesentliche höhere Flexibilität und Anpassbarkeit des Systems und ermöglicht, weitreichende Funktionalitäten umzusetzen. Da mechatronische Systeme häufig in sicherheitskritischen Bereichen eingesetzt werden, wird eine hohe Qualität der zu entwickelten Software benötigt. Der wesentliche Ansatz, um eine hohe Qualität zu garantieren, ist Software modellgetrieben zu entwickeln. Transportsysteme sind Beispiele für Anwendungen, die diesen Anforderungen unterliegen.

Im Folgenden geben wir einen kurzen Überblick über die Hauptmerkmale der FUJABA Real-Time Tool Suite sowie dem zugrundeliegenden Entwicklungsprozess.

Der gesamte Entwicklungsansatz wird durch die Mechatronic UML umgesetzt. Im Zentrum des Ansatzes steht das kompositionale Vorgehen, um die Komplexität der betrachteten Systeme zu adressieren. Die Struktur des Systems wird durch Softwarekomponenten, den eingebetteten Reglern sowie Kommunikationsverbindungen zwischen ihnen beschrieben (s. oberes Bild). Das Verhalten der Kommunikationsverbindungen wird durch ein angepasstes formal hinterlegtes Statechartmodell erlaubt, welches Zeit und die Einbettung von Reglerverhalten berücksichtigt (s. mittleres Bild). Die wohldefinierte Semantik der Modelle erlaubt eine formale Analyse von Sicherheitsbedingungen und eine Codesynthese, die sowohl für Simulationszwecke,

wie auch für Zielplattformen des Systems eingesetzt wird (s. unteres Bild).

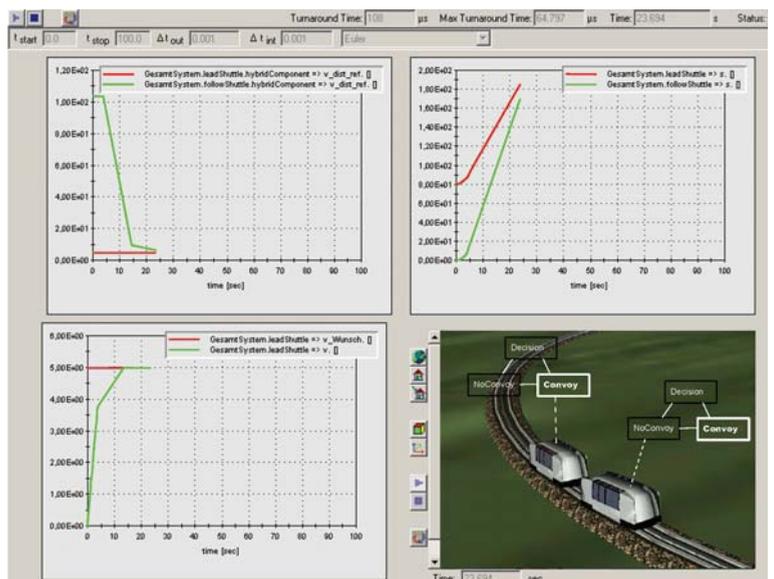
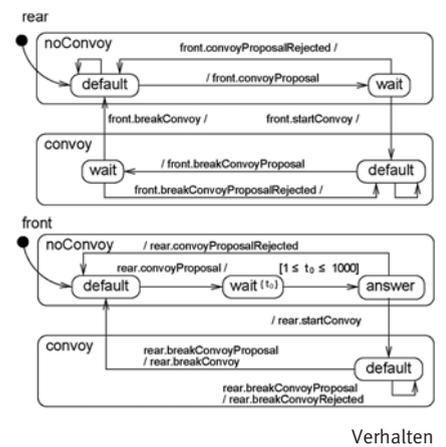
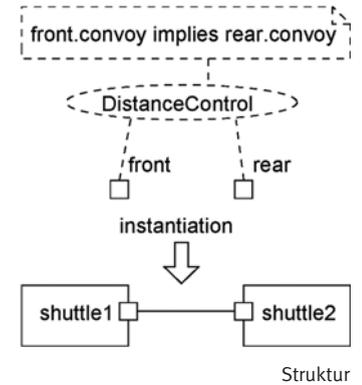
Diese kompositionale Vorgehensweise stellt die Grundlage für zahlreiche Erweiterungen dar. So werden z.B. nicht nur systematische Fehler betrachtet (wie fehlerhaft modellierte Statecharts), sondern auch zufällige Fehler (z.B. physikalische Effekte wie die Abnutzung von Bauteilen) und deren Auswirkung auf die Sicherheit (kompositionale Gefahrenanalyse).

Die Beobachtung, dass die betrachteten mechatronischen Systeme häufig ihre Struktur zur Laufzeit verändern (z.B. ist die konkrete Struktur eines Konvois aus Teilnehmern eines Transportsystems a priori nicht bekannt) führt zu einer neuen Klasse an Herausforderungen. Die hierfür benötigten Entwurfstechniken gehen über die bisherigen statischen Strukturmodelle hinaus. Auf Basis von Erzeugenden Systemen wurden Ansätze entwickelt, die diese Dynamik modellieren, analysieren sowie Code generieren können.

Seit 2003 sind im Rahmen dieses Projektes über 100 Veröffentlichungen

(Journal-, Buch-, und Konferenzbeiträge sowie Dissertationen, Master-, und Bachelorarbeiten) entstanden. Im Jahr 2008 wurde der Fujaba Real-Time Tool Suite für herausragende Forschungsprojekte auf der Grundlage der Verwendung von Real-Time-Technologie in Forschung und Lehre der IBM Real-Time Innovation Award verliehen.

Weitere Informationen zur FUJABA Real-Time Tool Suite unter: <http://www.fujaba.de/projects/real-time.html>

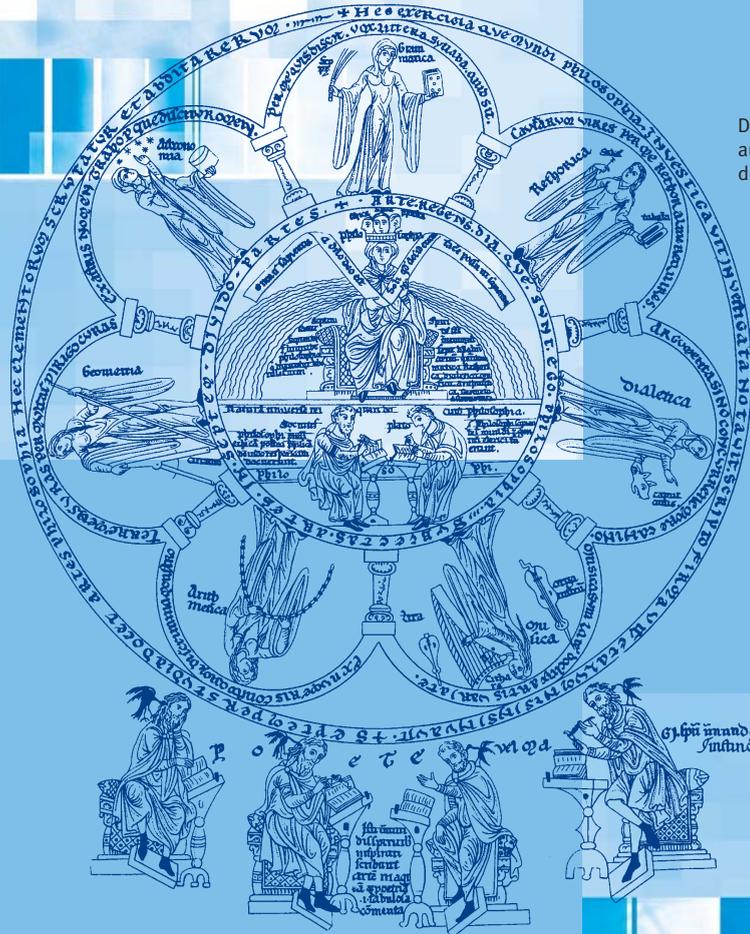


Simulationsumgebung

**Kontakt:**  
 Dipl.-Inform. Stefan Henkler  
 E-Mail: [shenkler@uni-paderborn.de](mailto:shenkler@uni-paderborn.de)  
 Telefon: +49 (0) 5251160 33 05  
 Telefax: +49 (0) 5251160 35 30

# Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

## Philosophie der Technik



Die sieben freien Künste  
aus dem *Hortus deliciarum*  
der Äbtissin Herrad von Landsberg (1170)

## Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Philosophisches Nachdenken über Wissenschaft und Technik soll über Grundlagen und Bedingungen wissenschaftlichen und technischen Handelns aufklären, Orientierung über dessen Methoden und Zwecke geben und dessen verantwortungsvollen Einsatz unterstützen.

### Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Im weiten Feld des Nachdenkens über Wissenschaft und Technik widmet sich die Arbeitsgruppe vor allem den logischen und kognitiven Bedingungen des Erkennens und des wissenschaftlichen Handelns. Ein Forschungsschwerpunkt liegt in der Geschichte der neueren Logik und mathematischen Grundlagenforschung. Die Entwicklung und Differenzierung der Logik als philosophischer Grunddisziplin bis hin zu Mathematischer Logik und Beweistheorie als Subdisziplinen der Mathematik und zur Theoretischen Informatik wird im Spannungsfeld des Dialoges zwischen Philosophie und Mathematik rekonstruiert.

### Logikdiskussion im 19. und 20. Jahrhundert

Die Logikdiskussion unter den Mathematikern des 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts wird hierbei als Ausdruck des Bemühens gesehen, in der mathematischen Praxis entstandene Grundlagenprobleme zu bewältigen, ein Bemühen, in dem von den akademischen Philosophen jener Zeit nur wenig Unterstützung zu erwarten war. Die Grundlegung der Mathematik mit Hilfe einer reformierten Logik diente daher weniger einem originär philosophischen Interesse, als eher dem pragmatischen Interesse, dem Mathematiker ein ungehindertes Arbeiten in seinem ureigenen Betätigungsfeld zu ermöglichen.

Im Rahmen dieser Arbeiten war der Lehrstuhl an der Erstellung einer wissenschaftlichen Biographie von Ernst Zermelo (1871-1953), Schöpfer der axiomatisierten Mengenlehre, beteiligt. Eine Edition der Werke von Oskar Becker (1882-1962) wird vorbereitet. Wichtiges Hilfsmittel der Arbeiten ist die Database for the History of Logic, eine biobibliographische Sammlung mit Porträtarchiv, die in Paderborn aufgebaut wird und interessierten Logikhistorikern offen steht.

### Philosophie und Informatik

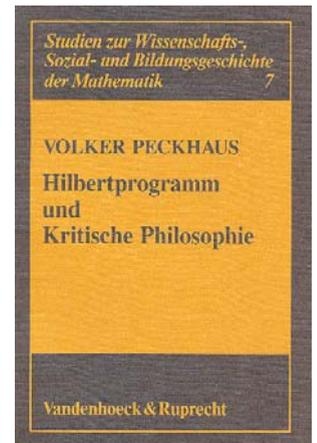
2006 wurde das Forschungsprojekt „Dynamische Basisontologie und kooperative Semantiken“ von Prof. Dr. Volker Peckhaus und Prof. Dr. Ruth Hagengruber mit Unterstützung des Heinz Nixdorf Instituts initiiert. Dieses von Prof. Hagengruber durchgeführte Projekt stellt einen wichtigen Schritt im geplanten Aufbau eines Lehr- und Forschungsschwerpunktes Philosophie und Informatik dar. Es wurden Möglichkeiten und Leistungsfähigkeit sog. Basisontologien für eine begriffliche Grundlegung graphischer User Interfaces untersucht. In Fortführung werden nun dort, wo sich Modellierung und Implementierung mit komplexen Kommunikations- und Handlungsabläufen treffen, Probleme der Wissensrepräsentation und -organisation in ihrer Korrelation zu sozialontologischen Fragestellungen analysiert.

### Vorgeschichte der Modelltheorie

Diese Arbeiten verbinden sich mit dem logikhistorischen Schwerpunkt zu Studien zur Vorgeschichte der Modelltheorie. Hierdurch sollen Impulse für systematische Untersuchungen zur Modellierung von Handeln unter Unsicherheit mit Berücksichtigung pragmatischer und heuristischer Elemente gegeben werden.

### Philosophieren lernen

In der Lehre wird die spezifisch philosophische Weise, Fragen zu stellen und Lösungsansätze zu diskutieren, vermittelt. Schwerpunkte der Lehre liegen in der theoretischen Philosophie, insbesondere der Methodenlehre, der Erkenntnistheorie und der Theorie technischen Handelns. Die Arbeitsgruppe konnte die Einrichtung von zwei neuen Lehramtsstudiengängen für Praktische Philosophie erwirken, in die seit dem Sommersemester 2005 Einschreibungen möglich sind. Seit 2006 ist die Philosophie Bestandteil des Zweifach-Bachelorstudiengangs der Fakultät für Kulturwissenschaften. Philosophie wird zudem in Informatik- und Mathematik-Studiengängen als Nebenfach angeboten.



Peckhaus, V.: Hilbertprogramm und Kritische Philosophie, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1990



Peckhaus, V.: Logik, Mathesis universalis und allgemeine Wissenschaft, Berlin, Akademie Verlag, 1997



Peckhaus, V. (Hrsg.): Oskar Becker und die Philosophie der Mathematik, München, Wilhelm Fink Verlag, 2005

# Algebra der Logik und Logische Algebra

## Zu einer Vorgeschichte der Modelltheorie

*The Theory of Syllogism, and in particular of the Copula*

Terms employed	Particular syllogism with first premise particular	Universal syllogism strengthened by the first quantity of the particular	Particular syllogism strengthened by the second quantity of the particular
X Y Z x y z	I, A, I, (O) = O I', A, I' )(( = X	A, A, A, ))) = )) A', A, A' ((( = ((	A', A, I, (O) = O A, A, I' ))( = X
x Y Z X y z	O', A, O' ))) = )) O, A, O, (( = ((	E', A, E' ))) = )) E, A, E, ))(( = ((	E, A, O' )() = )) E', A, O, ()( = ((
X y Z x Y z	O, E, I, (( = O O', E, I' ))( = X	E, E', A, ))( = )) E', E', A' (( = ((	E', E, I, ()( = O E, E, I' )() = X
X Y z x y Z	I, E, O, ()( = (( I', E, O' ))( = X	A, E, E, ))) = )) A', E, E' ((( = ((	A', E, O, ()( = (( A, E, O' ))( = X

Terms employed	Particular syllogism with second premise particular	Universal syllogism strengthened by the second quantity of the particular	Particular syllogism strengthened by the first quantity of the particular
X Y Z x y z	A', I, I, (( = O A, I, I' ))( = X	A', A, A' ((( = (( A, A, A, ))) = ))	A', A, I, (O) = O A, A, I' ))( = X
x Y Z X y z	E, I, O' )() = )) E, I, O, ()( = ((	E, A, E' ))( = )) E, A, E' (( = ((	E, A, O' )() = )) E', A, O, ()( = ((
X y Z x Y z	E', O, I, (( = O E, O, I' ))( = X	E, E', A' ))( = )) E, E', A' (( = ((	E', E, I, ()( = O E, E, I' )() = X
X Y z x y Z	A', O, O, (( = (( A, O, O' ))( = X	A', E, E' (( = (( A, E, E' ))( = X	A', E, O, ()( = (( A, E, O' ))( = X

Augustus De Morgan (1850)

Die gegenwärtige Rede von Modellierung sowie von wissenschaftlicher Modellbildung hat eine Geschichte. Ihre Hintergründe und Bedingungen liegen im historischen Kontext der Entstehung moderner Strukturmathematik und symbolischer Logik. Eine genauere Untersuchung verdienen die Debatten des 19. Jahrhunderts über die Frage, ob sich ein handhabbares Konzept von Logik auf formale Aspekte reduzieren lässt oder ob es Gesichtspunkte der Interpretation formaler Strukturen zu berücksichtigen habe.

### Entstehung des Denkens in Strukturen

An Schnittstellen von Mathematik und Logik bildet sich im Laufe des 19. Jahrhunderts eine zunehmend formale Auffassung des strukturellen Aufbaus universaler wissenschaftlicher Theorien heraus. Die zeitgenössischen Debatten kreisen um die – jeweils unterschiedlich formulierte – Frage, ob inhaltlich festgelegte Gegenstandsbereiche durch formal bestimmte Systeme erschöpfend zu beschreiben sind. Zur Disposition gestellt wird damit, ob sich Strukturen von Beschreibungssprachen gänzlich sinnfrei definieren lassen, also: ob und inwiefern strukturelle Zusammenhänge von für sich bedeutungsfreien Zeichen als vorgängig gegenüber ihren möglichen Interpretationen zu gelten haben.

### Logik und Algebra

In diesem Zuge tritt die Logik in ein Wechselverhältnis mit mathematischen, insbesondere algebraischen Methodenkonzepten. Dabei scheinen sich Fragen nach der ‚Bedeutung‘ von Strukturelementen zu verändern. Im Wandel begriffen ist die Einschätzung sowohl ihrer referentiellen Funktion als auch ihrer Rolle für den Aufbau von Theorien: Auf den ersten Blick

nehmen Begriffsklärungen für Objekte eine zunehmend untergeordnete Rolle gegenüber ihrer ‚Prozessierung‘ als unbestimmte ‚Daten‘ in formalen Systemen ein. Diese Tendenz folgt jedoch keinesfalls geradlinigen Entwicklungslinien. Vielmehr ringen die Zeitgenossen nicht nur um die Diskussion, sondern zuallererst um die bloße Formulierung einer Problemstellung, die sich ihren Kontroversen rückwirkend als Grundtenor unterlegen lässt. Ihr wiederkehrendes Thema ist die Frage, ob sich das wissenschaftliche Interesse nunmehr weniger auf ‚Gegenstände‘ – Quantitäten –, als vielmehr auf ‚Verfahren‘ – Operationen – zu richten habe.

### Von der Symbolischen Algebra zu Strukturen und Modellen

Vor diesem Hintergrund formiert sich zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein britisches Konzept der symbolischen Algebra in Abgrenzung von deren arithmetischer Interpretation. Statt mit unbekanntem, durch Platzhalter vertretenen, Größen beansprucht sie, mit funktionalen Zusammenhängen auf struktureller Ebene zu operieren. Idee(n) und Handhabung(en) der symbolischen Algebra beeinflussen schließlich die Ausbildung einer Algebra der Logik auf der einen, einer logischen Algebra auf der anderen Seite. Deren Verhältnis stellt einen lohnenswerten Untersuchungsgegenstand auch hinsichtlich der aktuellen Rede von ‚Strukturen‘ und ‚Modellen‘ dar: Welche der beiden stellt die ‚Strukturwissenschaft‘ für die jeweils andere dar? Und welche Implikationen ergeben sich aus der jeweiligen Positionierung für die respektiven Möglichkeiten der Verhältnisbestimmung von ‚Form‘ und ‚Inhalt‘ einer Struktur?

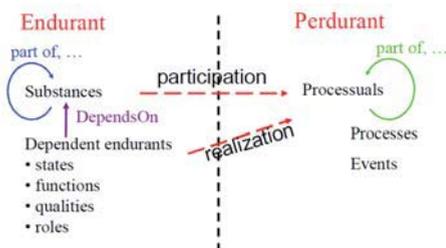
**Kontakt:**

Anna-Sophie Heinemann, M.A.  
E-Mail: annasoph@mail.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251/60 23 13  
Fax +49 (0) 5251/60 37 44

<http://kw.uni-paderborn.de/institute-einrichtungen/institut-fuer-humanwissenschaften/philosophie>

## Handlungstheoretische Konzepte in kooperativen Systemen

Das Forschungsprojekt der Arbeitsgruppe Philosophie und Informatik unter der Leitung von Prof. Dr. Ruth Hagengruber forscht zu den Grundlagen kooperativer Wissensräume. Ziel des Projektes ist es, einen Beitrag zur systematischen Darstellung handlungsabhängiger Anordnungen von Wissensselementen in Wissensräumen zu leisten. Anhand philosophischer handlungstheoretischer Analysen werden Handlungen typisiert und in Handlungsarten eingeteilt, Handlungsschemata erstellt und untersucht, ob und wie weit diese Schemata modelliert werden können. Die Definition der Handlungsräume erfolgt über die Handlungsschemata und Handlungstypen. Da kooperative Strukturierungsprozesse zeitlich und räumlich organisiert sind, ist die ontologische Zuordnung, ob es sich bei Handlungen um Substanzen oder Prozesse handelt, von Bedeutung.



Handlungen können als beständige Entitäten aufgefasst werden; andere lassen sich nur als Prozesse darstellen.

Seit geraumer Zeit hat sich die Künstliche Intelligenzforschung dem Thema zugewandt, die Synthese von mentalen Prozessen und Handlungen zu erforschen. Das Konzept des „embodied mind“ führte zu einer Vielfalt an neuen Entwicklungen. In der Kognitionsforschung und der Handlungstheorie gibt es gemeinsame Forschungsgebiete. Für die European Conference on Computing and Philoso-

phy, die 2009 in Barcelona stattfand, organisierte die Arbeitsgruppe Philosophie und Informatik den Track „Computational approaches to mind and action“. Präsentiert wurden Forschungen, die die Verknüpfung von Geist und Handlung aus sowohl informatischer wie philosophischer Perspektive analysierten.



Ruth Hagengruber organisierte im Rahmen der European Conference on Computing and Philosophy den Track: „Computational approaches to mind and action“, Barcelona, Juli 2009.

Einen regen Zuspruch an Einsendungen erfuhr der Track „History and philosophical foundations of AI“, den die Arbeitsgruppe Philosophie und Informatik im Rahmen der deutschen KI-Tagung 2009 an der Universität Paderborn organisierte. Ein international besetztes Programmkomitee, mit Prof. Dr. Luciano Floridi, Präsident der International Association of Computing and Philosophy IACAP und Prof. Dr. Walter Zimmerli, Präsident der TU Cottbus unterstützte den internationalen Respons. Einsendungen aus Frankreich, Polen, der Schweiz und USA waren unter den Vortragenden. Prof. Dr. Klaus Mainzer von der TU München präsentierte die Keynote zum philosophischen Track. Er veranschaulichte die Geschichte und Entwicklung informatischer Verfahren von ihren Anfängen bis in die Gegenwart und stellte über den historischen Zusammenhang die Verbindung von Philosophie und Informatik her.



Prof. Dr. Klaus Mainzer bei der Tagung Künstliche Intelligenz, die am 3. und 4. Oktober 2008 im Heinz Nixdorf Forum stattfand. [Tohma, Wikimedia Commons, lizenziert unter Creative Commons-Lizenz by-sa-3.0-de, URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/deed.de>]

**Gefördert durch:**  
VW Stiftung

### Kontakt:

Prof. Dr. Ruth Hagengruber  
E-Mail: [Ruth.Hagengruber@upb.de](mailto:Ruth.Hagengruber@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251/60 23 08/9  
Telefax: +49 (0) 5251/60 37 44

<http://kw.uni-paderborn.de/institute-einrichtungen/institut-fuer-humanwissenschaften/philosophie>



# weitere Aktivitäten weitere Aktivitäten

- **Publikationen**
- **Promotionen**
- **Messen, Tagungen, Seminare**
- **Patente, Preise, Auszeichnungen**
- **Weitere Funktionen**
- **Spin-Offs**
- **Aktuelle Forschungsprojekte**
- **Aktuelle Industriekooperationen**
- **Wissenschaftliche Kooperationen**

# Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

## Publikationen

- Dangelmaier, Wilhelm; Blecken, Alexander; Ruengener, Nando (Hrsg.) Nachhaltigkeit in flexiblen Produktions- und Logistiknetzwerken., Apr. 2009, MV Verlag
- Franke, Werner; Schmalz, Bernd; Timm, Thorsten; Blecken, Alexander: Klassifikations- und Ordnungssystematiken für SCM-Komponenten. In: Dangelmaier, Wilhelm; Blecken, Alexander; Ruengener, Nando (Hrsg.) Nachhaltigkeit in flexiblen Produktions- und Logistiknetzwerken, S. 181–192, Apr. 2009, MV Verlag
- Klöpper, Benjamin; Rust, Tobias; Timm, Thorsten; Brüggemann, Daniel; Dangelmaier, Wilhelm: OOPUS WEB: A MPC Customizing Platform with Ergonomic Planning Interfaces. In: Proceedings of the 1st International Conference on Business Innovation and Information Technology, S. 91–103, Jan. 2009, Logos Verlag Berlin
- Danne, Christoph; Dangelmaier, Wilhelm: Setting Planning Buffers in MRP Driven Manufacturing Networks Considering Their Implications on Safety Stock Cost. In: Proceedings of the of the 13 IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moscow, Russia, Jun. 2009 IFAC, Elsevier Science
- Rust, Tobias; Dangelmaier, Wilhelm; Brüggemann, Daniel; Pater, Jan-Patrick: An approach for flexible customer-supplier relationships with fixed delivery contracts and quota agreements. In: Proceedings of the of the 13 IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moscow, Russia, Jun. 2009 IFAC, Elsevier Science
- Blecken, Alexander; Schulz, Sabine F.; Hellingrath, Bernd; Dangelmaier, Wilhelm: Humanitarian Supply Chain Process Reference Model. International Journal of Services, Technology and Management, 12(4): S. 391–413 2009
- Dangelmaier, Wilhelm; Delius, Robin; Laroque, Christoph; Fischer, Matthias: Concepts for Model Verification and Validation during Simulation Runtime. In: European Simulation and Modelling Conference (ESM 2009), S. 49–53, 26.–28. Okt. 2009 EUROSIS, EUROSIS-ETI
- Böhle, Carsten; Dangelmaier, Wilhelm; Hellingrath, Bernd (Hrsg.) A Lot Sizing Model with Integrated Tour Planning., 1. Jan. 2009 IFAC
- Dangelmaier, Wilhelm; Degener, Bastian: Online optimization with discrete lotsizing production and rolling horizons. In: 2nd International Conference on Dynamics in Logistics 2009
- Klöpper, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) Self-x in Engineering. MV Verlag, Sep. 2009
- Dumitrescu, Roman; Gausemeier, Jürgen; Dangelmaier, Wilhelm; Klöpper, Benjamin: Solution Pattern for the Development of Self-Optimizing Systems. In: Klöpper, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) Self-x in Engineering, S. 39–54, Sep. 2009, MV Verlag
- Adelt, Philipp; Klöpper, Benjamin: Buildings Blocks and Prototypical Implementation of a Hybrid Planning Architecture. In: Klöpper, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) Self-x in Engineering, S. 55–67, Sep. 2009, MV Verlag
- Suess, Tim; Fischer, Matthias; Huber, Daniel; Laroque, Christoph; Dangelmaier, Wilhelm: Ein System zur aggregierten Visualisierung verteilter Materialflusssimulationen. In: Gausemeier, Jürgen; Grafe, Michael (Hrsg.) Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 8. Paderborner Workshop, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 252, S. 111–126, Paderborn, 2009, Mai 2009,
- Danne, Christoph; Dangelmaier, Wilhelm: Assessing the cost of assortment complexity in consumer goods supply chains by reconfiguration of inventory and production planning parameters in response to assortment changes. In: Eymann, Torsten (Hrsg.) Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik, Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik, Nr.40, S. 24–34, Feb. 2009
- Böhle, Carsten; Dangelmaier, Wilhelm; Hellingrath, Bernd: Ein Ansatz für eine ressourceneffizientere Inbound-Logistik durch Integration mit der Produktionsplanung. In: 14. Magdeburger Logistiktagung „Sustainable Logistics“, S. 47–56, 2009
- Dangelmaier, Wilhelm; Klöpper, Benjamin: Verhaltensplanung für mechatronische Systeme – Planung als Funktion in selbstoptimierenden Systemen. wt Werkstattstechnik online, 2009(3): S. 123–129, Mrz. 2009
- Klöpper, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm: Coordination of Self-Optimizing Mechatronic Systems – A New Application for Multi-Agent Planning. In: ICAART 2009 – International Conference on Agents and Artificial Intelligence, S. 312–317, Porto, Portugal, Jan. 2009 INSTICC, INSTICC PRESS
- Klöpper, Benjamin; Rust, Tobias; Timm, Thorsten; Dangelmaier, Wilhelm: A Customizing Platform for Individual Production Planning and Control Solutions. In: Proceedings of Wirtschaftsinformatik 2009 – Business Services: Konzepte, Technologien und Anwendungen, Band 2, S. 77–86, 2009, Österreichische Computer Gesellschaft
- Aufenanger, Mark; Lipka, Nedim; Klöpper, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm: A Knowledge-Based Giffler-Thompson Heuristic for Rescheduling Job-Shops. In: 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Scheduling, S. 21–28, 30. Mrz.–2. Apr. 2009 IEEE, IEEE
- Bracht, Uwe; Pauleser, Thomas; Filter, Arno; Böhle, Carsten: Planung und Änderung von Anlagendaten im Rahmen der Digitalen Fabrik. Zwf Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb: S. 194–199, Mrz. 2009
- Hellingrath, Bernd; Witthaut, Markus; Böhle, Carsten; Bruegger, Stephan: An Organizational Knowledge Ontology for Automotive Supply Chains. In: Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing, Lecture Notes in Artificial Intelligence, S. 37–46, Aug. 2009, Springer-Verlag
- Böhle, Carsten; Hellingrath, Bernd; van Hueth, Jan: A Framework for the Development of Multi-Agent Systems in Supply Chain Management. In: Proceedings of the Forty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 5.–8. Jan. 2009, IEEE Computer Society
- Döring, Andre: Effektivität und Effizienz zur problemspezifischen Abstraktion – ein Beitrag zum maschinellen Lernen von Regeln zur Steuerung von Produktionsnetzwerken der Serienfertigung. Dissertation Universität Paderborn. April 2009.
- Dangelmaier, Wilhelm; Lentens, Joachim; Döring, Andre: Neue Produktionsstrategien für die Automobilindustrie. In: ATZproduktion, in print, Heft 02/2009 Zugleich: Dangelmaier, W.; Lentens, J.; Döring, A.: New production strategies for automotive industries. In: ATZproduktion, English, ePaper, in print, Issue 02/2009
- Klöpper, Benjamin: Ein Beitrag zur Verhaltensplanung für interagierende intelligente mechatronische Systeme in nicht-deterministischen Umgebungen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, Band 253, 2009
- Dumitrescu, Roman; Klöpper, Benjamin: Towards Social-Software for the Efficient Reuse of Solution Patterns for Self-Optimizing Systems. In: International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K) 2009, 6.–9. Okt. 2009, INSTICC PRESS
- Adelt, Philipp; Klöpper, Benjamin: Buildings Blocks and Prototypical Implementation of a Hybrid Planning Architecture. In: Klöpper, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) Self-x in Engineering, S. 55–67, Sep. 2009, MV Verlag (hni4037)
- Klöpper, Benjamin; Sondermann-Wölke, Christoph; Romaus, Christoph; Voeking, Henner: Probabilistic Planning Integrated in a Multi-level Dependability Concept for Mechatronic Systems. In: 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Control and Automation, S. 104–111, 30. Mrz.–2. Apr. 2009
- Aufenanger, M.; Lipka, N.; Klöpper, B. & Dangelmaier, W.: A Knowledge-Based Giffler-Thompson Heuristic for Rescheduling Job-Shops, 2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Scheduling, IEEE, 2009
- Aufenanger, M.; Varnholt, H. & Dangelmaier, W.: ADAPTIVE FLOW CONTROL IN FLEXIBLE FLOW SHOP PRODUCTION SYSTEMS – A KNOWLEDGE-BASED APPROACH, Winter Simulation Conference, 2009, accepted for Publication
- El-Kebbe, Dania Adnan; Danne, Christoph: On Adapting Neural Network to Cellular Manufacturing. In: Bertelle, Cyrille; Duchamp, Gerard H.E. (Hrsg.) Complex Systems and Self-organization Modelling, Understanding Complex Systems, S. 83–93. Springer, Berlin / Heidelberg 2009
- Blecken, Alexander; Rottkemper, Beate; Danne, Christoph; Hellingrath, Bernd: A Typology of Operations Research Methods in Humanitarian Logistics. In: Proceedings of the Second International Humanitarian Logistics Symposium, Faringdon, Mrz. 2009

### Promotionen

*Dr. rer.-pol. Andre Döring*

#### **Effektivität und Effizienz durch problemspezifische Abstraktion – ein Beitrag zum maschinellen Lernen von Regeln zur Steuerung von Produktionsnetzwerken der Serienfertigung**

Ein Fokus in der aktuellen akademischen, sowie industriell orientierten Forschung in der Wirtschaftsinformatik für das Supply Chain Management liegt auf der intelligenten Steuerung von Produktionsnetzwerken. Durch die Kombination von Methoden aus der künstlichen Intelligenz in der Informatik und Methoden der Wirtschaftswissenschaft sollen z. B. Steuerungssysteme für Produktionsnetzwerke entwickelt werden, mit denen ungünstige Zustände des Produktionsnetzwerkes weitgehend automatisiert und möglichst schnell in günstige Zustände überführt werden können. Um dieses Ziel erreichen zu können wird in dieser Arbeit untersucht, wie ein maschinelles Lernsystem Regeln zur Steuerung der Änderungsplanung in Produktionsnetzwerken der Serienfertigung lernen kann. Besondere Randbedingungen für den Lernprozess sind der große Zustandsraum von Produktionsnetzwerken, die herrschende Unsicherheit bei der unternehmensübergreifenden Planung sowie die Nachvollziehbarkeit der Lernprozessergebnisse durch menschliche Planer. Es wird ein Lernverfahren konzipiert, welches unter Verwendung von k-means-Clustering und Q-Learning effizientes Lernen solcher Regeln auf einem skalierbaren Zustandsraum ermöglicht. Zur Abstraktion von Zuständen aus Produktionsnetzwerken wird eine planverlaufsbasierte Distanzfunktion vorgeschlagen. Die Umsetzung der Rewardfunktion im Q-Learning wird durch eine kostenorientierte Lernfunktion auf der Basis von Restriktion und Leistungsvereinbarungen in Produktionsnetzwerken realisiert.

*Dr. rer.-pol. Christoph Danne*

#### **Assessing the cost of assortment complexity in consumer goods supply chains by reconfiguration of inventory and production planning parameters in response to assortment changes**

Der Umgang mit Komplexität und Sortimentskomplexität im Speziellen ist Gegenstand zahlreicher strategischer Entscheidungen in der Konsumgüterindustrie. Da das Sortiment eines Unternehmens sich kontinuierlich entwickelt, indem bestehende Produktvarianten auslaufen und neue eingeführt werden, ist die wichtige Frage „Welche Effekte in der Konfiguration des Produktions- und Distributionssystems und welche zugehörigen Kosteneffekte sind zu erwarten, wenn das Sortiment in einer gewissen Weise angepasst wird?“. Diese Arbeit entwickelt einen Ansatz für ein Entscheidungsunterstützungssystem, das Sortimente zusammen mit ihren Produktions- und Distributionsstrukturen modelliert und eine Menge sortimentsabhängiger Parameter optimiert, um das Produktions- und Distributionssystem auf ein gegebenes Sortiment einzustellen. Zwei mathematische Optimierungsmodelle werden entwickelt, um die Bestandsallokation innerhalb des Netzwerkes und eine Menge Planungsparameter für die Produktions-Ausführung bestimmen. Der Vorteil dieses szenario-basierten Ansatzes ist die genauere Bewertung der zu erwartenden Effekte durch die vorgelagerte Anpassung des Systems an das betrachtete Sortiment. Die einmal optimierten Modelle liefern entscheidungsrelevante Informationen, sowohl über die erwarteten Kosteneffekte als auch über die erforderlichen Änderungen in der Konfiguration des Produktions- und Distributionssystems. Die entwickelten Methoden wer-

den prototypisch in einem Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) implementiert und mit realen Szenarien aus der Praxis eines internationalen Konsumgüterherstellers validiert.

*Dr. rer. pol. Daniel Huber*

#### **Geregelte Vereinfachung hierarchischer Partitionen von Modellen in der Materialflusssimulation**

Modelle in der ereignisdiskreten Materialflusssimulation werden immer komplexer. Durch die Verwendung von Teilmodellen unterschiedlicher Komplexität kann die Komplexität des Gesamtmodells reduziert, bzw. optimal auf die vorhandenen Rechenressourcen angepasst werden. In einer interaktiven Simulationsumgebung kann durch einen laufzeitbegleitenden Austausch von Teilmodellen die Komplexität und damit die Abbildungsgenauigkeit auf den Analysefokus des Benutzers ausgerichtet werden. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie automatisch vereinfachte Teilmodelle aus einem gegebenen Ausgangsmodell hoher Komplexität mit spezifischen Eigenschaften bzgl. Komplexität und Verhaltensabweichung und Zustandsabbildungen für den Austausch von Teilmodellen während der Simulation erzeugt werden können. Zur Lösung wird eine Modellierungsmethode mit parametrierbaren Komponentenklassen definiert. Aus Instanzen dieser Klassen aufgebaute Modelle werden geregelt vereinfacht. Dafür werden erste Maße für Komplexität und Verhaltensabweichung definiert und ein Regelungsalgorithmus entwickelt, der darauf abzielt möglichst wenig Verhaltensabweichung bei sinkender Komplexität zu erzeugen. Zur Vereinfachung werden die Techniken Zusammenfassung und Weglassung verwendet, deren Vereinfachungsregelsätze in die Regelung integriert werden. Zur Zustandsabbildung werden die Erzeugungsbeziehungen der durch die Vereinfachung erzeugten Komponenten in den vereinfachten Teilmodellen genutzt, um Marken, die Artikel darstellen, und darauf folgend die übrigen Zustandskomponenten zu übertragen. Das entwickelte Verfahren wird abschließend mittels realitätsnaher Testmodelle validiert.

*Dr. rer. pol Benjamin Klöpfer*

#### **Ein Beitrag zur Verhaltensplanung für interagierende intelligente mechatronische Systeme in nicht-deterministischen Umgebungen**

Die Qualität, mit der ein technisches System für den Menschen Aufgaben übernimmt, lässt sich anhand von Kenngrößen beurteilen. Ein wichtiger Aspekt in dem Bestreben, technische Systeme immer weiter zu verbessern, ist die Erkenntnis, dass die Bedeutung und die Beziehung der Qualitätsdimensionen nicht starr vorgegeben werden können, sondern ihre (relative) Wichtigkeit von der aktuellen Anwendungssituation abhängt. Mechatronische Systeme integrieren elektronische und mechanische System ergänzt um eine Informationsverarbeitung. Durch das Vorliegen von Aktorik, Sensorik und Informationsverarbeitung, erfüllen die mechatronischen Systeme über die grundsätzlich notwendigen Fähigkeiten, rationales Verhalten umzusetzen. In diesem Fall könnte sie als intelligent bezeichnet werden. Planung als ein wesentliches Mittel rationales und damit intelligentes Verhalten umzusetzen bleibt im Kontext der Mechatronik bisher weitgehend unberücksichtigt. Daher erarbeitet diese Arbeit grundlegende Konzepte, mit denen die Planungsmethoden der künstlichen Intelligenz auf das Anwendungsgebiet der mechatronische Systeme übertragen werden kann. Dabei wird insbesondere die Integration kontinuierlicher Prozesse in den

diskreten Planungsformalismus, die Behandlung von Unsicherheiten und die Berücksichtigung von Systeminteraktionen berücksichtigt. Die entwickelten Methoden und Konzepte werden anhand von Anwendungsbeispielen aus der „Neuen Bahntechnik Paderborn“ evaluiert.

*Dr. rer. pol. Thorsten Timm*

#### **Ein Verfahren zur hierarchischen Struktur-, Dimensions- und Materialbedarfsplanung von Fertigungssystemen**

Durch den zunehmenden Konkurrenzdruck sind Unternehmen dazu gezwungen, kostenoptimal zu fertigen und sich an ändernde Bedingungen umgehend anzupassen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Unternehmen sowohl auf der Nachfrageseite als auch auf der Angebotsseite in globalisierte Märkte eingebunden sind. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie Struktur und Dimensionierung der Fertigungseinrichtungen eines Unternehmens in dieser Situation optimal geplant werden können. Außerdem werden die in der Materialbedarfsplanung genutzten Verfahren entsprechend dieser Entscheidungen ausgewählt und konfiguriert. Die betrachteten Fragestellungen werden in Form von vier hierarchisch angeordneten Partialmodellen dargestellt, die jeweils durch ein mathematisches Optimierungsmodell umgesetzt werden. Da die Fragestellungen voneinander abhängig sind, werden zur Ausführung der Partialmodelle in der betrieblichen Praxis Koordinationsprozesse definiert. Durch Kennzahlen wird dabei neben der Top-Down Ausführung der Partialmodelle eine Eskalation, d.h. die Neuplanung durch übergeordnete Partialmodelle ermöglicht. Das entwickelte Verfahren wird anschließend anhand eines Praxisbeispiels evaluiert.

*Dr. rer. pol. Jan Wesemann*

#### **Ein Beitrag zum Benchmarking von Planungsverfahren und zur Produktionsplanung und -steuerung für die mehrstufige auftragsbezogene Serienfertigung in der Automobilzulieferindustrie**

Teil Eins der Arbeit konzentriert sich auf die Suche nach einer Möglichkeit, Planungsverfahren der Produktionsplanung und -steuerung für unterschiedliche Planungsprobleme objektiv zu vergleichen. Dazu wurden Planungsproblem, Simulation des Produktionsablaufs und Planungsverfahren voneinander entkoppelt. Teil Zwei der Arbeit fokussiert das Problem, dass Unternehmen der Automobilzulieferindustrie bei einem schwankenden Bedarf der Kunden, z.B. Volkswagen, jederzeit lieferfähig sein müssen und das zu minimalen Kosten über alle Perioden. Dazu wurden Planungsstrategien entwickelt und ein Beitrag zur Produktionsplanung und -steuerung sowie zur Produktionsplanung und -steuerung unter Unsicherheit geleistet.

*Dr. rer.-pol. Mark Aufenanger*

#### **Situativ trainierte Regeln zur Ablaufsteuerung in Fertigungssystemen und ihre Integration in Simulationssysteme**

Die Arbeit „Situativ trainierte Regeln zur Ablaufsteuerung in Fertigungssystemen und ihre Integration in Simulationssysteme“ widmet sich dem sensiblen unternehmerischen Problembereich der Optimierung der Fertigung. Schwerpunkt hierbei ist die zeitkritische Auftragsreihenfolgeplanung. Das entwickelte Verfahren kann dem Planungsproblem der Maschinenbelegung schnell eine gute Lösung zuführen. Es werden aktive Ablaufpläne erzeugt, welche den zu durchsuchenden Lösungsraum erheblich einschränken, da der im Sinne der

verfolgten Zielfunktion optimale Ablaufplan immer auch ein aktiver ist. Hierzu bildet das Verfahren in Situationen mit Entscheidungsnotwendigkeit eine Konfliktmenge der in Frage kommenden Auftragskandidaten. Um diese Menge passend aufzulösen, wurde ein maschinelles Lernverfahren als situativer, wissensbasierter Entscheider integriert. Dieser trifft über die Beschreibung von Steuerungssituationen die Entscheidung für die in der jeweiligen Situation passendste Steuerungsregel. Das Verfahren wird damit durch den Lösungsraum gesteuert und nur ein Pfad, der zu einer guten Lösung führt, durchlaufen. Für das Training des wissensbasierten Entscheiders wird der Zeitraum vor Beginn des Fertigungsprozesses genutzt. Das Verfahren ist parallel zur laufenden Fertigung adaptierbar. Bei der Evaluierung des Verfahrens mit alternativen Methoden der Ablaufplanung und -steuerung anhand von Benchmark-Problemen konnten sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

*Dr. rer.-pol. Alexander Blecken*

#### **A Reference Task Model for Supply Chain Processes of Humanitarian Organisations**

Im Laufe der nächsten Jahrzehnte wird aufgrund einer Reihe von Faktoren weltweit mit einer Zunahme von Naturkatastrophen und humanitären Krisen gerechnet. Humanitäre Organisationen werden in Reaktion auf solche Krisen aktiv und leisten humanitäre Hilfe. Ziel der humanitären Hilfe ist, das Überleben der betroffenen Menschen zu sichern und deren selbstständige Überlebensfähigkeit wiederherzustellen. Dabei kommt der Logistik bzw. dem Supply Chain Management aufgrund der komplexen Randbedingungen, unter denen diese Hilfe geleistet wird, eine Schlüsselfunktion zu. Obwohl ein großer Anteil des Budgets solcher Einsätze auf die Bereiche Beschaffung, Transport und Lagerhaltung entfällt, haben humanitäre Organisationen oft noch nicht die strategische Bedeutung der Logistik erkannt.

Dr. Alexander Blecken untersucht in seiner Dissertation die Aufgaben und Verantwortlichkeiten von humanitären Organisationen und den Akteuren in deren Supply Chains bei der Planung und Durchführung logistischer Prozesse im Rahmen der humanitären Hilfe. Er strukturiert diese Aufgaben auf einer strategischen, taktischen und operativen Ebene und berücksichtigt dabei die Unterscheidung zwischen kurzfristiger Katastrophenhilfe und mittelfristig orientierter humanitärer Hilfe. Das entwickelte Referenz-Aufgabenmodell kann von humanitären Organisationen zur Prozessmodellierung und -design eingesetzt werden. Eine Reihe von Referenzprozessen verdeutlicht die flexible Anwendbarkeit des Referenz-Aufgabenmodells.

#### **Messen, Tagungen, Seminare**

11. Paderborner Frühjahrstagung „Nachhaltigkeit in flexiblen Produktions- und Liefernetzwerken“ Die Veranstaltung „Nachhaltigkeit in flexiblen Produktions- und Liefernetzwerken“ fand als 11. Paderborner Frühjahrstagung am 2. April 2009 im Heinz Nixdorf Institut in Paderborn statt. Im Rahmen der Tagung wurde über neue Forschungsansätze sowie praxiserprobte Konzepte zur nachhaltigen Optimierung der Leistungserbringung innerhalb von Unternehmensnetzwerken diskutiert.

Die Themen wurden dabei aus den Sichtweisen von Forschung und Praxis durchleuchtet, um durch die unterschiedlichen Perspektiven neue Lösungsansätze zu inspirieren.

Ein besonderer Schwerpunkt der Tagung lag auf dem durch die Europäische Union geförderten Projekt AC/DC, dessen Ziel darin liegt, die Durchlaufzeit in der Automobilindustrie auf fünf Tage zu reduzieren. Im Wettbewerb in der Automobilindustrie differenzieren sich europäische Hersteller durch eine hohe Kundenspezifität der Produkte. Gleichzeitig fordern die Kunden äußerst kurze Lieferzeiten. Die heute übliche Durchlaufzeit eines Fahrzeugs vom Kundenauftrag bis zur Auslieferung beträgt ungefähr vierzig Tage - bedingt durch das komplexe logistische Handling der vielen Millionen Fahrzeugvarianten in der Produktion. In dem europäischen Verbundprojekt AC/DC haben sich namhafte europäische Automobilzulieferer und Hersteller wie Continental Automotive Systems, ZF Friedrichshafen, BMW und Volkswagen mit führenden Forschungseinrichtungen wie dem Heinz Nixdorf Institut und der Fraunhofer Gesellschaft zusammengefunden, um neue Wege zur Optimierung der Supply Chain aufzuzeigen.

Allen Interessenten der genannten Themen stehen die Inhalte der Vorträge sowie weitere Informationen unter [www.pbft.de](http://www.pbft.de) zur Verfügung. Dort kann auch der Tagungsband in elektronischer Form bezogen werden.

#### **Weitere Funktionen**

- Mitglied im wissenschaftlichen Beirat des Bundesverbandes Logistik (BVL)
- Mitglied im Senat der DFG
- Mitglied im Beirat der Cartec Lippstadt
- Mitglied im Beirat des Paderborner Center for Parallel Computing (PC<sup>2</sup>)
- Leiter der Competence Center PPS-SCM-Systeme, EAI-Systeme, Elektronische Marktplätze sowie CAS-CRM-Systeme der NetSkill AG

#### **Aktuelle Forschungsprojekte**

*EU: „AC/DC – Advanced Chassis Development for 5-Day-Car“, hier insbesondere:*

- Task 2100: Entwicklung des Dynamic Supply Loop Konzeptes
- Task 2200: Entwicklung eines kollaborativen Forecasting-Konzeptes
- Task 2300: Entwicklung einer Ontologie zur Sicherung der planerischen Konsistenz
- Task 2400: Entwicklung eines Konzeptes zum automatischen Real-Time Event Handling in der Supply-Chain
- Task 2600: Verteiltes Entwickeln und Testen von mechatronischen Komponenten

*DFG:*

*Sonderforschungsbereich 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“:*

*Teilprojekt A2: „Verhaltensorientierte Selbstoptimierung“*

Ziel ist die Erarbeitung einer verhaltensorientierten Selbstoptimierung. Sie passt das Systemverhalten eines mechatronischen Systems an die Umweltbedingungen an, ohne dabei auf explizite Modelle zurückzugreifen.

*Forschungsvorhaben „Interdisziplinäre Forschungsarbeiten in den Gebieten Modellierung und Simulation sowie Datenstrukturen und Algorithmen, Aktive Benutzerunterstützung zur Analyse von Materialflusssimulationen in virtuellen Umgebungen, Datenstrukturen, Rendering- und Approximationsalgorithmen zur Darstellung virtueller, geometrischer 3D-Szenen“*

*NRW-Graduate-School „Graduate School of Dynamic Intelligent Systems“*

*Interdisziplinäres Kooperationsprojekt „Neue Bahntechnik Paderborn“*

Hier verifiziert die Fachgruppe u. a. ein agentenbasiertes, völlig verteiltes Betriebskonzept für einen zielreinen Bedarfsverkehr, erarbeitet Konzepte zur Leittechnik und zielspezifische Migrationsstrategien

*Ziel-2 Projekt „Leitstand 2012“ im Rahmen des Wettbewerbs Produktion.NRW*

Ziel des Projektes ist mittels eines neuartigen, unternehmensübergreifenden Servicekonzeptes und dem Einsatz innovativer I&K-Technologien messbare Mehrwerte für KMU zu schaffen und Kompetenzen aufzubauen, um Produktionskosten zu senken und die Produktivität bei gleichen Rahmenbedingungen zu verbessern.

#### **Aktuelle Industriekooperationen**

*Daimler AG*

Entwicklung von Methoden zum Umgang mit Variantenreichtum in getakteten Montagelinien

*Freudenberg & Co. KG*

Reduktion der Variantenvielfalt in der internationalen Versorgungskette Kunde

*Keiper GmbH & Co. KG*

Einführung eines Produktionsplanungs- und Steuerungssystems für die Teilefertigung

*Knorr Bremse AG*

Planung des Produktionsnetzwerkes der Knorr Bremse AG.

*TRW Automotive AG*

Hierarchische Planungsverfahren der Fertigung unter Gewährleistung der Materialverfügbarkeit und des Personaleinsatzes.

*Volkswagen AG*

Entwicklung einer integrierten Produktionsplanungssoftware für die Motorenfertigung der Werke Chemnitz und Salzgitter

#### **Wissenschaftliche Kooperationen**

*INESC Porto, Portugal  
Prof. Dr. J.P. Sousa*

*TU Dresden, IAVT  
Dr. Gerald Weigert*

# Fachgruppe Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

## **Publikationen**

Gausemeier, J.; Radkowski, R.; Waßmann, H.: Virtuelle und erweiterte Realität zur Analyse komplexer mechatronischer Systeme. In: *ZwF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, ZwF Jahrg. 104 (2009). Vol. 11, Carl Hanser Verlag, München, 2009

Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2009

Gausemeier, J.; Brink, V.; Ihmels, S.: Technologieorientiertes Innovationsmanagement mit der Innovations-Datenbank. *Industrie Management* 25, Ausgabe 1, 2009

Reyes-Perez, M.; Gausemeier, J.; Nordsiek, D.: Ontology Development for a Manufacturing Data Base for Products with graded Properties. In: *Proceedings of eKNOW 2009, International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, 1–7 February 2009, Cancun, Mexico

Gausemeier, J.; Frank, U.; Donoth, J.; Kahl, S.: Specification technique for the description of self-optimizing mechatronic systems. In: *Research in Engineering Design*, Vol. 20, Number 4, November 2009, Springer-Verlag, London, 2009

Gausemeier, J.; Brink, V.; Ihmels, S.; Kokoschka, M.; Reymann, F.: Strategic Product- and Technology-Planning with the Innovation-Database. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT2009)*, Gippsland, Victoria, Australia, 2009

Warkentin, A.; Gausemeier, J.; Herbst, J.: Function Orientation beyond Development – Use Cases in the Late Phases of the Product Life Cycle. In: *Proceedings of CIRP Design Conference 2009*, March 29–30, 2009, Cranfield, UK

Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A.: (Hrsg.): *Entwurf mechatronischer Systeme*. 6. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 2.–3. April 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 250, Paderborn, 2009

Warkentin, A.; Gausemeier, J.; Herbst, J.: Konzeption eines funktionsorientierten Produktmodells zur Nutzung in den nachgelagerten Phasen des Produktlebenszyklus. In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A.: (Hrsg.): *Entwurf mechatronischer Systeme*. 6. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 2.–3. April 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 250, Paderborn, 2009

Pöschl, M.; Gausemeier, J.; Deyter, S.: Methode zur effizienten Modellierung und Analyse fehlertoleranter mechatronischer Systeme. In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A.: (Hrsg.): *Entwurf mechatronischer Systeme*. 6. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 2.–3. April 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 250, Paderborn, 2009

Gausemeier, J.; Köster, O.; Kokoschka, M.; Lehner, M.: IT-based Strategic Foresight. In: *Proceedings of IAMOT 2009, 18th International Conference for the International Association of Management of Technology*, April 5–9, 2009, Orlando, Florida, USA

Gausemeier, J.; Brink, V.; Kokoschka, M.; Reymann, F.: Scenario-based Product and Technology Planning. IT-based Strategic Foresight. *Proceedings of IAMOT 2009, 18th International Conference for the International Association of Management of Technology*, April 5–9, 2009, Orlando, Florida, USA

Gausemeier, J.; Berssenbrügge, J.; Grafe, M.; Kahl, S.: Design and VR/AR-based Testing of Advanced Mechatronic Systems. In: *Proceedings of 2nd Sino-German Workshop „Virtual Reality & Augmented Reality in Industry“*, April 16–17, 2009, Shanghai, China, Springer-Verlag Heidelberg, 2009

Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): *Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung*. 8. Paderborner Workshop, 28./29. Mai 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 252, Paderborn, 2009

Kreft, S.; Gausemeier, J.; Grafe, M.; Matysczok, C.: Konzeption von Wearable Augmented Reality Anwendungen für die Ausbildung in der Automobilindustrie. In: Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): *Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung*. 8. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 28.-29. Mai 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 252, Paderborn, 2008

Gausemeier, J.; Pfänder, T.; Wenzelmann, C.: Strategische Unternehmensführung mit Szenario-Management. In: Bullinger, H.-J.; Spath, D.; Warnecke, H.-J.; Westkämper, E. (Hrsg.): *Handbuch Unternehmensorganisation – Strategien, Planung, Umsetzung*. 3., neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009

Warkentin, A.; Gausemeier, J.; Herbst, J.: An Approach for a Needs-Driven Definition of a Function-Oriented representation in the Automotive Domain. In: *Proceedings of the 16th European Concurrent Engineering Conference 2009 (ECEC\*2009)*, April 15–17, 2009, Bruges, Belgium

Steffen, D.; Gausemeier, J.; Kahl, S.: Development of Modularized Mechatronic Products. In: 2. Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug, 27.–28. April 2009, Graz, Österreich

Gausemeier, J.: Neue Perspektiven für den Maschinen- und Fahrzeugbau durch Selbstoptimierung. *Industrie Management* 25 (2009) 3

Gausemeier, J.; Kreft, S.; Matysczok, C.: From Wearable Computing to Augmented Reality – Context-sensitive Enhancement of Reality by Wearable Augmented Reality Applications. Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, 2009

Peitz, T.; Gausemeier, J.; Kaiser, I.: Integration von Mechanik und Elektronik – Produktoptimierung mit MID. *Konstruktion* Juni 6, 2009

Gausemeier, J.; Stoll, K.; Wenzelmann, C.: Future Oriented Strategy Development and Implementation using the Strategy Roadbook. In: *Proceedings of The XX ISPIIM Conference and The R&D Management Conference 2009*, 21–24 June 2009, Vienna, Austria

Dettmer, D.; Brökelmann, J.; Gausemeier, J.: Description of Components with Graded Properties. In: *Proceedings of the World Congress on Engineering 2009, WCE 2009*, July 1–3, 2009, London, U.K.

Gausemeier, J.; Steffen, D.; Donoth, J.; Kahl, S.: Conceptual Design of Modularized Advanced Mechatronic Systems. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design (ICED'09)*, August 24–27, 2009, Stanford, CA, USA, 2009

Gausemeier, J.; Schäfer, W.; Greenyer, J.; Kahl, S.; Pook, S.; Rieke, J.: Management of Cross-Domain Model Consistency during the Development of Advanced Mechatronic Systems. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design (ICED'09)*, August 24–27, 2009, Stanford, CA, USA, 2009

Gausemeier, J.; Pöschl, M.; Deyter, S.; Kaiser, L.: Modeling and Analyzing Fault Tolerant Mechatronic Systems. In: *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design (ICED'09)*, August 24–27, 2009, Stanford, CA, USA, 2009

Gausemeier, J.: Entwurf selbstoptimierender Systeme. In: *Tagungsband Konstruktionsmethodik für Fahrzeugkonzepte. Konstruktionskolloquium der Gesellschaft für Konstruktionstechnik, Braunschweig e.V.*, 8. Mai 2009, Braunschweig, 2009

Gausemeier, J.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. *ZwF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, ZwF Jahrg. 104 (2009) 7–8

Gausemeier, J.; Lehner, M.; Stoll, K.: Systematische Entwicklung von Geschäftsstrategiealternativen. *Industrie Management* 25 (2009) 4

Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Romas, C.: Towards the Design of Cognitive Functions in Self-Optimizing Systems Exemplified by a Hybrid Energy Storage System. In: *Proceedings of the 10th International Workshop on Research and Education in Mechatronics (REM2009)*, 10–11 September, 2009, Glasgow, UK, 2009

Kreft, S.; Gausemeier, J.; Matysczok, C.: Towards Wearable Augmented Reality in Automotive Assembly Training. In: *Proceedings of IDETC/CIE 2009 ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*, August 30–September 2, 2009, San Diego, California, USA, 2009

Dumitrescu, R.; Klöpffer, B.; Gausemeier, J.; Dangelmaier, W.: Solution Patterns for the Development of Self-Optimizing Systems. In: *Proceedings of 32nd Annual Conference on Artificial Intelligence Workshop on Self-X in Mechatronics and other Engineering Applications*, September 15–19, 2009, Paderborn, 2009

Gausemeier, J.: Entscheider brauchen Alternativen – Ein Verfahren zur systematischen Entwicklung von Geschäftsstrategiealternativen für produzierende Unternehmen. In: Mieke, C.; Behrens S. (Hrsg.): *Entwicklungen in Produktionswissenschaft und Technologieforschung*. Logos Verlag Berlin GmbH, 2009

Brandis, R.; Gausemeier, J.; Nordsiek, D.; Reyes-Perez, M.: A Holistic Approach for the Conceptual Design of Production Systems regarding the Interaction between Product and Production System. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2009)*. October 5th–7th 2009, Munich, Germany, 2009

Reyes-Perez, M.; Wagner, T.; Dettmer, D.; Biermann, D.; Gausemeier, J.: A Procedure Model for Manufacturing Process Planning of Products with Graded Properties. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2009). October 5th–7th 2009, Munich, Germany, 2009

Reyes-Perez, M.; Brökelmann, J.; Gausemeier, J.: Towards an Expert System for the Manufacturing System Planning of Products with Graded Properties. In: Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development (KEOD 2009). October 6–8, 2009, Funchal, Madeira, Portugal, 2009

Gausemeier, J.; Reymann, F.; Stoll, K.: Developing Products, Services or Product-Service-Systems to Satisfy the Customers' Need. In: Proceedings of the 2nd ISPIIM Innovation Symposium, New York, USA, 6–9 December 2009

Gausemeier, J.; Brökelmann, J.; Dettmer, D.: Fertigungsprozessplanung für gradierte Bauteile. *ZwF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, ZwF Jahrg. 104 (2009) 11

Gausemeier, J.; Kaiser, L.; Pook, S.: FMEA von komplexen mechatronischen Systemen auf Basis der Spezifikation der Prinziplösung. *ZwF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, ZwF Jahrg. 104 (2009) 11

Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 19. und 20. November 2009, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 265, Paderborn, 2009

Gausemeier, J.; Lehner, M.; Reymann, F.: Zukunftsszenarien in der Retrospektive – was bringt die Szenario-Technik tatsächlich? In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 19. und 20. November 2009, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 265, Paderborn, 2009

Brink, V.; Ihmels, S.; Gausemeier, J.: Informationssystem für ein holistisches Innovationsmanagement. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 19. und 20. November 2009, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 265, Paderborn, 2009

Reyes-Perez, M.; Wagner, T.; Dettmer, D.; Biermann, D.; Gausemeier, J.: In: Proceedings of the 3rd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2009). October 5th–7th 2009, Munich, Germany, 2009

Reyes-Perez, M.; Brökelmann, J.; Gausemeier, J.: Towards an Expert System for the Manufacturing System Planning of Products with Graded Properties. In: Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development (KEOD 2009). October 6–8, 2009, Funchal, Madeira, Portugal, 2009

Deyter, S.; Lackmann, L.; Holst, J.C.; Thesing, W.; Middendorf, A.; Steffen, D.: Frühzeitige Zuverlässigkeitsbewertung miniaturisierter mechatronischer

Robotermodulen. In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): Entwurf mechatronischer Systeme. 6. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 2.–3. April 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 250, Paderborn, 2009

Dumitrescu, R.: Design Systematics for the Integration of Cognitive Functions in Intelligent Mechatronic Systems. In: Proceedings des gemeinsamen Workshops des Informatik-Graduiertenkollegs und Forschungskollegs. Dagstuhl, 2009

Dumitrescu, R.; Klöpper, B.: Towards Social-Software for the Efficient Reuse of Solution Patterns for Self-optimizing Systems. International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development 2009. October 6–8, Madeira, Portugal 2009

Dorociak, R.: Visualisierung komplexer Produktentwicklungsprozesse. In: Berliner Kreis Jahrestagung, 14.–15. November, Ulm, 2009

Dorociak, R.: Visualisierung komplexer Produktentwicklungsprozesse. In: BINZ, H. (Hrsg.): Zukunft der globalen Produktentstehung – Tagungsband zur Jahrestagung des Berliner Kreises, 13. und 14. November 2009; IKTD Bericht Nr. 572, Stuttgart, 2009

Geiger, C.; Reckter, H.; Dumitrescu, R.; Kahl, S.; Berssenbrügge, J.: A Zoomable User Interface for Presenting Hierarchical Diagrams on Large Screens. 13th International Conference on Human-Computer Interaction, 19–24 Juli, San Diego 2009

Gerstmayr, L.; Röben, F.; Krzykowski, M.; Kreft, S.; Venjakob, D.; Möller, R.: A vision-based trajectory controller for autonomous cleaning robots. In: 21. Fachgespräch Autonome Mobile Systeme (AMS), Informatik Aktuell Springer, Berlin, Heidelberg, New York 2009

Kaiser, L.; Nordsiek, D.; Terfloth, A.: Softwaregestützte Konzipierung komplexer mechatronischer Systeme und der zugehörigen Produktionssysteme. In: ATZ Elektronik, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009

Müller, S.; Schimmel, B.; Geiger, C.; Reckter, H.; Dumitrescu, R.; Weinreich, P.; Schulze, S.: Eine skalierbare Benutzerschnittstelle zur Visualisierung komplexer Diagramme. Mensch und Computer 2009, 6–9 September, Berlin 2009

Paiz, C.; Pohl, C.; Hagemeyer, J.; Radkowski, R.; Pörmann, M.; Rückert, U.: FPGA-in-the-Loop-Simulations for Dynamically Reconfigurable Applications. In: Proc. of the 2009 International Conference on Field-Programmable Technology (FPT'09). Sydney, Australia, 9–11 December 2009

Pohl, C.; Waßmann, H.: Wahrnehmungsgerechte Präsentation von Designentwürfen mit Hilfe von Augmented Reality. In: Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung – 8. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, 28.–29. Mai 2009, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 252, Paderborn, 2009

Radkowski, R.: Software-Agents for On-demand Authoring of Mobile AR-Applications. In: 13th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2009), 19–24 July 09, San Diego, CA, USA, 2009

Radkowski, R.; Linnemann, M.: Applicability of Image-based Lighting for an Augmented Reality-based Design Review. In: 17th International Conference on Engineering Design (ICED09), 24.–27. August 2009, Stanford, CA, 2009

Radkowski, R.; Linnemann, M.: Image-based Lighting für realitätsnahe Beleuchtung in Augmented Reality-Anwendungen. In: Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Paderborn, 2009

Radkowski, R.; Linnemann, M.: Photometric Registration in Augmented Reality Applications with Realtime Image-based Lighting. In: IADIS Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing 2009 (CGVCVIP2009), Algarve, Portugal, 20–22 June 2009

Radkowski, R.; Zabel, H.: Kommunikationsserver zur dynamischen Kopplung mechatronischer Systeme an Augmented Reality-Anwendungen. In: Schenk, M. (Hrsg.): 12. IFF-Wissenschaftstage, Virtual Reality und Augmented Reality zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, 17.–18. Juni 2009, Magdeburg, 2009

Steffen, D.; Kahl, S.: Mechatronische Produktarchitektur – zentraler Startpunkt der Produktentwicklung. In: ProdukDatenJournal, Ausgabe 2.200, ProSTEP iVip e.V., Darmstadt, 2009

Geiger, Ch.; Reckter, H.; Dumitrescu, R.; Kahl, S.; Berssenbrügge, J.: A Zoomable User Interface for Presenting Hierarchical Diagrams on Large Screens. In: Proceedings of HCI International 2009, July 19–24, San Diego, CA, USA

Geiger, Ch.; Stöcklein, J.; Berssenbrügge, J.; Paelke, V.: Mixed Reality Design of Control Strategies. In: Proceedings of ASME IDETC&CIE 2009, August 30–September 2, San Diego, CA, USA

## Promotionen

*Dr.-Ing. Sven-Kelana Christiansen*

### Methode zur Klassifikation und Entwicklung reifegradbasierter Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodelle

Innovative Produkte und Dienstleistungen, die zur richtigen Zeit einen hohen Nutzen für die Kunden stiften, sind das Ergebnis wohlstrukturierter Geschäftsprozesse. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu stärken, müssen Unternehmen deshalb kontinuierlich die Leistungsfähigkeit ihrer Prozesse verbessern. Ein Schlüsselfaktor des Geschäftsprozessmanagements ist der Einsatz von reifegradbasierten Modellen zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung. In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Schwerpunkte gesetzt: 1.) Die Entwicklung einer Klassifikation für Reifegradmodelle und 2.) die Erarbeitung einer Methode für die strukturierte Entwicklung von reifegradbasierten Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodellen insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie verwandten Branchen. Im Rahmen der Klassifizierung konnten insgesamt fünf generische Klassen identifiziert werden, auf die sich alle untersuchten Reifegradmodelle zurückführen lassen. Die Klassifikation ermöglicht es, die am Markt verfügbaren Reifegradmodelle übersichtlich darzustellen und erleichtert die Auswahl eines geeigneten Modells anhand weniger prägnanter Merkmale. Die Methode zur Entwicklung reifegradbasierter Leistungsbewer-

tungs- und Leistungssteigerungsmodelle baut auf der zuvor erarbeiteten Klassifikation auf. Es wurde ein aus fünf Phasen bestehendes Vorgehensmodell konzipiert, das eine strukturierte Entwicklung von Reifegradmodellen auf Basis der fünf identifizierten generischen Modellklassen ermöglicht.

*Dr.-Ing. Stephan Ihmels*

#### **Verfahren zur integrierten informationstechnischen Unterstützung des Innovationsmanagements**

Unternehmen sind gezwungen Produktinnovationen in kürzerer Zeit, mit höherer Qualität und geringeren Kosten auf den Markt zu bringen. Dies resultiert zum einen aus der schnellen Veränderung von Kundenanforderungen und zunehmend globalisiertem Wettbewerb. Zum andern entsteht aus der Entwicklung neuer Technologien der Druck, bestehende Produkte zu verbessern oder neue zu ermöglichen. Technology Push und Market Pull müssen gleichermaßen berücksichtigt werden. Das Innovationsmanagement liefert Verfahren für eine systematische Entwicklung von Innovationen. Insbesondere in den frühen Phasen, in denen der Erfolg von Innovationsprojekten determiniert wird, mangelt es jedoch an einer hinreichenden Beschreibung eines Innovationsprozesses mit Methoden und Verfahren sowie an einer informationstechnischen Unterstützung zur effizienten und effektiven Nutzung von Wissen. Das in der Dissertation beschriebene Verfahren beinhaltet einen Innovationsprozess, der sowohl Market Pull als auch Technology Push berücksichtigt. Im Rahmen des Market Pull werden aus zukünftigen Potentialen Ideen für neue Produkte erarbeitet und bis zum Entwicklungsauftrag detailliert. Im Rahmen des Technology Push werden zukünftige Technologien für die Weiterentwicklung der Produkte identifiziert. Market Pull und Technology Push werden abgeglichen und das Ergebnis anhand einer Innovations-Roadmap visualisiert. Die Konzeption des Informationssystems ist anhand von Anforderungen an das System sowie in Form eines konzeptionellen Datenmodells beschrieben. Sie bildet den generischen Innovationsprozess ab und ermöglicht die Systematisierung und Nutzung von relevantem Wissen. Die Validierung erfolgt anhand eines Beispiels aus der Medizintechnik.

*Dr.-Ing. Cheng Yee Low*

#### **A Methodology to Manage the Transition from the Principle Solution Towards the Controller Design of Advanced Mechatronic Systems**

Die Erzeugnisse des Maschinenbaus und verwandter Branchen wie der Automobilindustrie beruhen heute vielfach auf dem engen Zusammenwirken von Mechanik, Elektrotechnik/Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik. Der Begriff Mechatronik bringt dies zum Ausdruck. Das Spektrum der Mechatronik reicht von integrierten mechanisch-elektronischen Baugruppen bis hin zu Mehrkörpersystemen mit kontrolliertem Bewegungsverhalten. Letztere stehen im Zentrum der vorliegenden Arbeit. Die Entwicklung von fortgeschrittenen mechatronischen Systemen ist eine Herausforderung. Ein wichtiger Meilenstein ist die domänenübergreifende Prinziplösung, die Ergebnis der Phase Konzipierung und Grundlage für die Konkretisierung des Systems ist. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik zur Handhabung des Übergangs von der Prinziplösung fortgeschrittener mechatronischer Systeme in die Konkretisierung der Regelungstechnik entwickelt. Die Methodik besteht aus zwei, in Wechselbeziehung zueinander stehenden Elementen. Das erste Element sind Vorgaben für die Beschreibung grundlegender Reglerkonzepte innerhalb der domänenübergreifenden Prinziplösung.

Die Vorgaben definieren, wie die für fortgeschrittene mechatronische Systeme benötigten Reglerkonzepte in der Prinziplösung spezifiziert werden sollen. Das zweite Element ist eine Methode, um die für den Reglerentwurf relevanten Informationen aus der Prinziplösung zu extrahieren. Nach Anwendung der Methodik liegt ein vorläufiges Blockdiagramm als Ausgangsbasis für den domänenspezifischen Reglerentwurf vor.

Zwei Demonstratoren des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ wurden ausgewählt, um die in dieser Arbeit entwickelte Methodik zu validieren. Bei den Demonstratoren handelt es sich um einen selbstoptimierenden Antriebsregler und die Konvoifahrt autonomer Schienenfahrzeuge der Neuen Bahntechnik Paderborn/RailCab.

*Dr.-Ing. Karsten Stoll*

#### **Planung und Konzipierung von Marktleistungen**

Um den Erfolg eines Unternehmens nachhaltig zu sichern, sind reine Produktinnovationen nicht mehr ausreichend. Vielmehr sind neue Lösungen notwendig, da die Kunden nicht mehr nur ein Produkt sondern eine Problemlösung verlangen. Diese Problemlösungen bestehen in der Regel aus Sach- und Dienstleistungskombinationen und haben eine Reihe von Eigenschaften, die den Produktentstehungsprozess beeinflussen. Zu nennen sind hier beispielsweise die spezielle Abstimmung auf ein Kundenbedürfnis, die Immaterialität des Dienstleistungsanteils, die Einbindung der Kunden sowie vielfältige Kombinations- und Gestaltungsmöglichkeiten.

Es ergibt sich die Forderung nach einem Vorgehen zur Planung und Konzipierung von Marktleistungen, das die oben genannten Eigenschaften berücksichtigt. Hier setzt das vorgestellte Vorgehen an: Zunächst werden unter Einbindung des Kunden gegenwärtige und zukünftige Nutzenpotentiale identifiziert. Die Potentiale werden bezüglich ihrer Ähnlichkeit untersucht und je nach Ähnlichkeit kombiniert. Als Zwischenergebnis liegen aufeinander aufbauende, ähnliche Kombinationen von Nutzenpotentiale vor.

Mit Hilfe ingenieurwissenschaftlicher Methoden werden anschließend Marktleistungen zur Erschließung dieser Potentiale gefunden. Aufgrund der Lösungsvielfalt wird die Kombinationsanalyse eingesetzt, um mit der entstehenden Komplexität umzugehen. Abschließend wird eine Gesamtlösung ausgewählt und grob spezifiziert. Das entwickelte Vorgehen zur Planung und Konzipierung von Marktleistungen berücksichtigt die Eigenschaften von Sach- und Dienstleistungen gleichermaßen. Folglich kann das Ergebnis des Vorgehens eine reine Dienstleistung, eine reine Sachleistung oder eine Kombination der beiden sein.

#### **Messen, Tagungen, Seminare**

##### *Innovationswerkstatt 2009 – Strategische Produktplanung praktizieren*

Die Innovationswerkstatt 2009 fand am Fraunhofer IAO in Stuttgart statt. 35 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Industrie erarbeiteten dabei Konzepte für das Notebook der Zukunft. Die Teilnehmer begrüßten die Kombination aus Vorträgen und praktischer Arbeit in Workshops.  
27.–28. Januar 2009, Stuttgart

##### *6. Paderborner Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“*

Bereits zum sechsten Mal veranstaltete das Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn den

Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“. Der Workshop bietet traditionell eine Diskussionsplattform für Ingenieure aller Fachdisziplinen aus Forschung und Industrie. Themenschwerpunkte waren in diesem Jahr adaptive und selbstoptimierende Systeme, Integration von Mechanik und Elektronik, Miniaturisierung sowie Methoden und Werkzeuge für den Entwurf mechatronischer Systeme. Begleitend fand eine Fachausstellung statt, auf der sich die Experten in gelockter Atmosphäre über Entwicklungen, Dienstleistungen und Produkte austauschen konnten. Besonderes Highlight war die Abschlussveranstaltung des Verbundprojekts InZuMech, die im Rahmen des Workshops durchgeführt wurde.

2.–3. April 2009, Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn

##### *VDMA Abschlussveranstaltung „Zuverlässigere mechatronische Systeme“*

Im Rahmen der Abschlussveranstaltung „Zuverlässigere mechatronische Systeme“ wurden Ergebnisse von vor kurzem beendeten und derzeit noch laufenden Forschungsprojekten der Ausschreibung „Zuverlässigere mechatronische Systeme“ präsentiert. Die Fachgruppe stellte die Ergebnisse des Verbundprojekts InZuMech sowie das neue Verbundprojekt TransferProjektMechatronik mit dem zugehörigen Internet-Fachportal [www.TransMechatronic.de](http://www.TransMechatronic.de) vor.

14. Oktober 2009, Frankfurt/Main

##### *8. Paderborner Workshop „Augmented und Virtual Reality in der Produktentstehung“*

Forum für Entwickler und Anwender aus Forschung und Industrie zum Austausch und zur Diskussion aktueller Ergebnisse im Bereich der Grundlagen und Anwendungen der VR/AR-Technologie. Die Fachgruppe stellte u.a. ein neuartiges Visualisierungssystem für die Darstellung hochkomplexer Entwicklungsprozesse vor.

28.–29. Mai 2009, Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn

##### *2. Sino-German Workshop „Virtual Reality & Augmented Reality in Industry“*

Der vom „Joint Competence Center Virtual & Augmented Reality“ des Heinz Nixdorf Instituts und der Shanghai Jiao Tong University veranstaltete Workshop hatte das Ziel, Unternehmen aus China die Nutzenpotentiale der Technologien Virtual und Augmented Reality näherzubringen.

16.–17. April 2009, Shanghai Museum of Science and Technology, Shanghai, China

##### *productronica 2009*

Die productronica 2009 ist die weltweit größte und bedeutendste Messe für Elektronikfertigung. Die Fachgruppe präsentierte auf dem durch die Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen – 3-D MID e.V. – organisierten Gemeinschaftsstand ihr Leistungsangebot „Produktoptimierung mit MID“ und den autonomen Miniaturroboter BeBot. Die hohe Zahl interessierter Fachbesucher am Stand mit konkreten Fragen zur Technologie MID unterstreichen die zunehmende Bedeutung und das Wachstumspotential dieser Technologie.

10.–13. November 2009, München

##### *5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung – In Kooperation mit acatech*

Die Veranstaltung bietet ein jährlich stattfindendes Forum, in dem Fachleute ihre Arbeiten auf dem Gebiet der strategischen Produkt- und Technologie-

planung präsentieren, zur Diskussion stellen und den Erfahrungsaustausch pflegen können. Die Veranstaltung richtet sich an Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen aus Unternehmen, die sich mit der Gestaltung des Geschäfts von morgen befassen sowie an maßgebende Persönlichkeiten aus einschlägigen Instituten.

19.–20. November 2009, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin

#### FMB – Zulieferermesse Maschinenbau 2009

Die FMB ist die Innovationsmesse für die Zulieferer des Maschinenbaus in Ostwestfalen-Lippe. Mehr als 400 Aussteller aus allen maschinenbaurelevanten Produktgruppen zeigen ihre innovativen Produkte und Konzepte. Auf einer Forschungstransfer-Meile stellte die Fachgruppe PE das Fachportal innovations-wissen.de vor. Das Portal bietet ein vielfältiges Methodenangebot, Leitfäden und Hilfsmittel zur strategischen Planung und befähigt damit insbesondere KMU zum systematischen Innovationsmanagement.

4.–6. November 2009, Bad Salzuflen

#### 3. VPS-Fachtagung „Virtual Prototyping & Simulation in der Praxis“

Zur jährlichen Fachtagung des Kompetenznetzwerks OWL ViProSim e.V. trafen sich am 1. Oktober 2009 über 80 Fach- und Führungskräfte aus der Region Ostwestfalen-Lippe. Anhand von zahlreichen Praxisbeispielen wurde der aktuelle Stand der Technik beim Einsatz virtueller Prototypen in der Produkt- und Prozessentwicklung vorgestellt. Treibende Faktoren für die Anwendung moderner VPS-Technologien und Werkzeuge im Mittelstand sind verkürzte Produktlebenszyklen und die steigende Komplexität der Produkte.

1. Oktober 2009, Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn

#### Expertenmarktplatz: Innovationen gegen Produktpiraterie

Die Möglichkeiten, aber auch Grenzen von technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen, um das Kopieren von Produkten zu erschweren oder die Originalität von Produkten nachzuweisen, sind Unternehmen oft nicht bekannt. Der von Conlmit organisierte Expertenmarktplatz informierte über Lösungen zum präventiven Schutz gegen Produktpiraterie für die Investitionsgüterindustrie. Im Anschluss an die Vorträge standen die Referenten für vertiefende Gespräche Diskussionen zur Verfügung. Die Veranstaltung richtete sich an betroffene, bedrohte und interessierte Unternehmen. Über 150 Industrievertreter nahmen das Angebot an.

21. April 2009, Messegelände/ Pavillon 36, Hannover

#### Regionaler Erfahrungsaustausch: Innovationen gegen Produktpiraterie

In Kooperation mit dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) organisiert Conlmit (Contra Imitatio) regelmäßig Erfahrungsaustausche zum Thema Produktpiraterie, in dem Führungskräfte über rechtliche und technische Schutzmöglichkeiten vor Produktpiraterie informiert werden. Die Inhalte werden im Anschluss in persönlichen Gesprächen zwischen Referenten und Teilnehmern aufgegriffen und vertieft.

Erfa NRW, 25. Februar 2009, Paderborn  
Erfa Ost, 29. April 2009, Gera  
Erfa Baden-Württemberg, 14. Mai 2009, Denkendorf  
Erfa NRW, 25. November 2009, Werdohl

#### Informationstage: Innovationen gegen Produktpiraterie

Im Rahmen von Informationstagen zum Thema „Schutz vor Produktpiraterie“ informiert Conlmit (Contra Imitatio) mittels Vorträgen über die Forschungsoffensive „Innovationen gegen Produktpiraterie“ sowie die daran beteiligten Verbundforschungsprojekte. Im Anschluss wird in persönlichen Gesprächen mit den Teilnehmern aufgezeigt, wie ein wirksamer Schutz vor Produktpiraterie für produzierende Unternehmen erreicht werden kann.

VDMA: Technische Schutzmaßnahmen gegen Produktpiraterie, 26. Januar 2009, Frankfurt am Main  
11. IAK „Produktionslogistik für die variantenreiche Serienfertigung“, 23. April 2009, Hannover  
ZENIT GmbH: Produktpiraterie! Schutz und Bekämpfungsstrategien für den Mittelstand in NRW, 11. Mai 2009, Müllheim an der Ruhr

IHK Frankfurt am Main: Vorsicht Plagiate – Technischer Produktschutz, 27. August 2009, Frankfurt am Main  
pro Wirtschaft GT: Innovationen fördern – Innovationen schützen, 1. Oktober 2009, Harsewinkel  
Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, 8. Dezember 2009, Darmstadt

#### Fachmessen, Fachtagungen, Symposien: Innovationen gegen Produktpiraterie

Im Rahmen von Fachmessen, Fachtagungen und Symposien präsentiert Conlmit sowohl die Bekanntmachung „Innovationen gegen Produktpiraterie“ als auch die daran beteiligten Verbundforschungsprojekte. Im Vordergrund steht hierbei das Informieren und Sensibilisieren von betroffenen, gefährdeten und interessierten Unternehmen der Investitionsgüterindustrie bezüglich der von Produktpiraterie ausgehenden Gefahren. In persönlichen Gesprächen werden die vielfältigen existierenden Möglichkeiten des Schutzes vor Produktpiraterie aufgezeigt. Unterstützt wird dies durch eine Ausstellung welche aufzeigt, wie schwer sich oftmals originale und gefälschte Investitionsgüter auseinander halten lassen.

Hannover Messe Industrie, 20.–24. April 2009, Hannover  
2. Kongress „Intelligenter Produzieren“, 22.–23. Juni 2009, Mannheim  
FMB – Zulieferermesse Maschinebau, 4.–6. November 2009, Bad Salzuflen

#### Berliner Kreis Jahrestagung

Die Jahrestagung des Berliner Kreises – Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung e.V., fand am 13. November 2009 in Ulm statt. Nach interessanten Vorträgen und Workshops stand am Nachmittag der Jahrestagung eine exklusive Werksbesichtigung von EvoBus auf dem Programm. Im Rahmen der Jahrestagung tauschen sich Führungspersönlichkeiten aus der Industrie und Vertreter der Mitgliedsinstitute des Berliner Kreises über neueste Entwicklungen im Zusammenhang mit dem Produktentstehungsprozess aus.

13. November 2009, Ulm

#### Patente, Preise, Auszeichnungen

**Preisträger des Wettbewerbs „Hightech.NRW“**  
Die Projektidee „Entwurfstechnik intelligente Mechatronik (ENTIME)“ wurde als eines von drei Projekten aus Ostwestfalen-Lippe zum Sieger im Wettbewerb „HighTech.NRW“ gekürt. Das Projekt ist ein Schlüsselprojekt für die Zukunftsmeile Fürstenallee, in deren Rahmen in Paderborn ein Forschungs- und Entwicklungscluster für Produkt- und Produktionsinnovationen zur Thematik Intelligente

Technische Systeme entsteht. Ziel des Projektes ist eine fachgebietsübergreifende Entwurfstechnik für mechatronische Produkte. Durch den Einsatz von Techniken des Semantic Web soll für einen effektiven Austausch von Lösungswissen entlang der Branchenwertschöpfungskette gesorgt werden. Das Projekt wird in Kooperation mit neun innovativen Unternehmen aus der Region durchgeführt.

#### Gewinn des Best Paper Awards bei der IAMOT Konferenz 2009

Bei der diesjährigen Konferenz der IAMOT (International Association for Management of Technology) in Orlando (Florida, USA) gewannen Prof. J. Gausemeier, V. Brink, M. Kokoschka und F. Reymann den Best Paper Award für ihren Beitrag „Scenario-based product and technology planning“. Die Jury wählte ihn aus über 330 Konferenzbeiträgen aus 30 Ländern aus.

#### Weitere Funktionen

- Geschäftsführer und Vorstandsmitglied des Berliner Kreis – Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung e.V.
- Aufsichtsratsvorsitzender der Unternehmensberatung UNITY AG
- Mitglied des Präsidiums von acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN
- Leitung des acatech-Themennetzwerks „Produktentstehung“
- Mitglied des Aufsichtsrats der Sterling SIHI GmbH
- Sprecher des 2002 eingerichteten Sonderforschungsbereiches 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“.
- Mitglied des Wissenschaftsrates

#### Spin-Offs

##### UNITY

Die UNITY ist eine technologieorientierte Unternehmensberatung für Strategien, Prozesse, Technologien und Systeme. Die Schwerpunkte der Beratungsleistungen sind: die Kunden von der innovativen Produktidee bis zum Erfolg im Markt zu unterstützen, eine hohe Produktivität in der Leistungserstellung sicherzustellen und Veränderungsprozesse der Kunden durch technisches und betriebswirtschaftliches Fachwissen sowie durch geschäftsorientiertes Prozess- und IT-Management erfolgreich zu gestalten. Zu unseren Kunden zählen mittelständische Unternehmen sowie internationale Industriekonzerne. Mit 140 Mitarbeitern erzielte die UNITY im Geschäftsjahr 2007/2008 einen Umsatz von 17,9 Mio. Euro. Niederlassungen befinden sich in Paderborn, Berlin, Hamburg, Köln, München und Stuttgart sowie in Kairo, Wien und Zürich.  
<http://www.unity.de>

##### FASTEC GmbH

FASTEC GmbH ist ein IT-Unternehmen mit Softwarelösungen zur Produktionsoptimierung. Mit 30 Ingenieuren, Informatikern und Fachkräften setzt sich FASTEC seit 1995 für die Optimierung von Produktionsbetrieben und deren Standortsicherung ein.  
<http://www.fastec.de> und <http://www.easyOEE.de>

##### Scenario Management International AG – ScMI AG

Die ScMI AG ist eine 1998 gegründete Aktiengesellschaft für Zukunftsgestaltung und strategische Unternehmensführung. Die ScMI AG unterstützt Unternehmen und Organisationen bei der Entwicklung realistischer Zukunftsszenarien und visionärer Strategien sowie der Gestaltung und Umsetzung

strategischer Führungs-, Früherkennungs- und Innovationsprozesse.

<http://www.scmi.de>

#### *myview systems GmbH*

myview systems bietet Produkte und Dienstleistungen zur Umsetzung umfassender PIM-Lösungen für mittelständisch geprägte Unternehmen internationaler Ausrichtung an. Mit über 10 Jahren Erfahrung im Bereich der datenbankgestützter Produktkommunikation zählt myview systems zu den etablierten Anbietern von PIM Komplettlösungen.

<http://www.myview.de>

#### *Smart Mechatronics GmbH*

Die Smart Mechatronics GmbH ist spezialisiert auf Entwicklungsdienstleistungen in den Bereichen Mechatronik, Elektronik und Embedded Software. Als Spin-Off Unternehmen der UNITY, des Heinz Nixdorf Instituts der Universität Paderborn und Prof. Dr. Carsten Wolff, Fachhochschule Dortmund verfügt die Smart Mechatronics GmbH über einen exzellenten Background. Als Mechatronik-Dienstleister steht Smart Mechatronics für innovatives Ingenieurwissen, selbstständiges Arbeiten, Zuverlässigkeit und Dämänenintegration in der Entwurfs- und Realisierungsphase mechatronischer Systeme.

<http://www.smartmechatronics.de/>

### Aktuelle Forschungsprojekte

#### *SFB 614: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus*

Ziel ist, die Grundlagen und Potentiale der Selbstoptimierung zu erforschen, sie anhand eines Demonstrators zu verifizieren und deren Entwicklung durch eine umfassende Entwicklungsmethodik zu unterstützen. Der Lehrstuhl ist an folgenden Teilprojekten maßgeblich beteiligt: TP A2: Verhaltensorientierte Selbstoptimierung; TP B2: Entwurfsmethodik; TP B3: Virtual Prototyping.

Förderinstitution: DFG

#### *SFB TR 30: Prozessintegrierte Herstellung funktional gradierter Strukturen auf Basis themomechanisch gekoppelter Phänomene*

Das Ziel des Sonderforschungsbereichs sind neue Verfahren der Metall- und Kunststoffformgebung, die eine Herstellung neuartiger Produkte ermöglichen, deren Eigenschaften sich am jeweiligen Anspruchsprofil orientieren. So genannte funktional gradierte Strukturen sind insbesondere für die Automobil- und Luftfahrtindustrie interessant, weil sie eine optimale Anpassung der Bauteileigenschaften an verschiedenen Stellen in einer einzelnen Struktur ermöglichen und somit neue Möglichkeiten für den Leichtbau eröffnen. Der Lehrstuhl ist am Teilprojekt D5 beteiligt. Ziel des Teilprojekts ist die Planungsunterstützung und Optimierung der Herstellprozesse funktional gradierter Bauteile.

Förderinstitution: DFG

#### *RailCab – Neue Bahntechnik Paderborn*

Verbundprojekt zur Entwicklung eines innovativen Bahnsystems, das moderne Fahrwerkstechnologien mit dem fortschrittlichen Antrieb durch verschleißfreie Linearmotortechnik unter Nutzung der bestehenden Bahntrassen vereint. Schwerpunkt der Aktivitäten: Einsatz von virtueller und erweiterter Realität zur Analyse des RailCab.

Förderinstitutionen: Universität Paderborn

#### *Verteilte Visualisierung und Simulation VISSIM*

Im Rahmen der Zielvereinbarung VISSIM (jetzt ViProSim) werden Methoden und Werkzeuge für die

verteilte Visualisierung und Simulation entwickelt. Anwendungsbeispiel ist eine Virtual Prototyping Plattform für die verteilte, virtuelle Erprobung von mechatronischen Fahrzeugkomponenten.

Förderinstitutionen: Land NRW / Universität Paderborn

#### *VPS-Benchmark*

Ziel ist eine Methode zur Leistungsbewertung und -steigerung vom Einsatz der Methoden und Werkzeuge von Virtual Prototyping (VPS) und Simulation in der Produktentwicklung. Vor allem kleinen und mittleren Unternehmen soll ein strukturierter Einsatz dieser Methoden ermöglicht werden. Dem Management wird durch ein Kennzahlensystem eine interne Bewertungsmöglichkeit und eine unternehmensübergreifende Vergleichbarkeit ermöglicht.

Förderinstitutionen: Land NRW

#### *Miniaturoboter BeBot*

Der Anspruch des Heinz Nixdorf Instituts ist eine neue Schule des Entwurfs intelligenter technischer Systeme. Daher wird ein avantgardistisches Basissystem benötigt, auf dessen Grundlage sich die Applikationen von morgen entwickeln und erproben lassen. Der im Rahmen dieses Projekts entwickelte Miniaturoboter BeBot ist dieses Basissystem. Er ist Versuchsträger für Applikationen, die auf modernen Ansätzen wie Selbstoptimierung, Selbstorganisation und Selbstkoordination beruhen, sowie für den Einsatz von neuen Fertigungstechnologien.

#### *TransferprojektMechatronik*

Ziel der Maßnahme ist es, die in den einzelnen Verbundprojekten der Ausschreibung „Zuverlässigere mechatronische Systeme“ erarbeiteten Forschungsergebnisse breitenwirksam in die industrielle Praxis zu tragen. Hierfür werden effiziente und effektive Transfermechanismen erarbeitet und validiert. Die Forschungsergebnisse werden konsolidiert, zielgruppenspezifisch aufgearbeitet und bspw. in Form von Newslettern, Messeauftritten und Schulungen sowie über das Internetportal „TransMechatronic.de“ verbreitet.

Förderinstitution: BMBF

#### *wearIT@work*

Das Projekt wearIT@work erforscht und entwickelt industrietaugliche Wearable-Computing-Lösungen für die Anwendungsfelder Produktion von Autos (Skoda), Wartung von Hubschraubern (EADS), medizinische Versorgung im Krankenhaus (gespag) und Notfallintervention (Pariser Feuerwehr). Die Fachkräfte in diesen Bereichen sollen durch extrem mobile oder auch in die Kleidung integrierte Informations- und Kommunikationssysteme unmittelbar in ihren Arbeitsprozessen unterstützt werden.

Förderinstitution: Europäische Union

#### *InZuMech*

Ziel des Verbundprojekts InZuMech ist ein Instrumentarium für die frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Dies besteht aus Verfahren und Werkzeugen, die den Entwickler unterstützen, ausgehend vom Modell der Prinziplösung die möglichen Beeinflussungen zwischen Systemkomponenten zu identifizieren und Zuverlässigkeitsanalysen für das Gesamtsystem durchzuführen. Das Instrumentarium soll anhand der Entwicklung von mehreren innovativen mechatronischen Produktkonzepten bei Industriepartnern erarbeitet und erprobt werden. Ziel ist primär die Erstellung eines umfassenden Modells der Prinziplösung. Die im Verbundprojekt erarbeiteten Ergebnisse sollen durch Veröffentlichungen (Konferenzen, Fachbuch), den fachlichen Austausch in

Gremien, Aus- und Weiterbildungsangebote sowie die Informationsplattform TransMechatronic multipliziert werden.

Förderinstitution: BMBF

#### *Conlmit*

Im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung verfolgt das BMBF mit der Bekanntmachung „Innovationen gegen Produktpiraterie“ das Ziel, einen Beitrag für einen wirksamen Schutz der Investitionsgüterindustrie vor Produktpiraterie zu leisten. Als Begleitmaßnahme für die geförderten Verbundforschungsprojekte unterstützt Conlmit deren Außendarstellung und den Transfer der Forschungsergebnisse in die nicht geförderte Industrie. Ziel ist der Aufbau eines Netzwerkes von Wissensträgern, welche betroffene und geförderte Unternehmen bei der Realisierung von individuellen Schutzkonzepten gegen Produktpiraterie unterstützen.

Förderinstitution: BMBF

#### *Die Zukunft der deutschen Bildverarbeitungsindustrie*

Im Rahmen eines Projektes mit einem renommierten deutschen Verband wird den Unternehmen der deutschen Bildverarbeitungsindustrie aufgezeigt, welche Chancen sich zukünftig bieten. Die Zukunft der Branche wird mit Hilfe der Szenariotechnik systematisch vorausgedacht. Es werden relevante technologische Trends untersucht sowie zukünftig relevante Geschäftsfelder detailliert analysiert und konkrete Anwendungsmöglichkeiten in Steckbriefen beschrieben. Die Mitgliedsunternehmen des Verbands – insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen – werden in die Lage versetzt, künftig strategische Planung systematisch betreiben zu können. Dies wird durch die Bereitstellung eines Transferinstrumentariums gewährleistet. Es ermöglicht das regelmäßige Aktualisieren der erarbeiteten Inhalte sowie deren Anpassung auf spezifische Aufgabenstellungen eines Unternehmens.

Förderinstitution: führender deutscher Verband

#### *VireS*

In dem Verbundprojekt VireS wird ein Instrumentarium zur integrativen Entwicklung von Produkt und Produktionssystem unter frühzeitiger Berücksichtigung der Aspekte Kosten und Robustheit entwickelt. Das Instrumentarium besteht aus Vorgehensmodellen, Spezifikationstechniken und Bewertungswerkzeugen und wird in vier anspruchsvollen Innovationsprojekten erprobt. Es soll den Entwickler unterstützen, robustere Produkte schneller und kostengünstiger zu entwickeln und zu produzieren. Das Instrumentarium wird durch die beteiligten Software- und Beratungspartner nach Abschluss des Projekts kommerzialisiert. Durch eine Kooperation mit Herstellern von verbreiteten Softwaresystemen (ERP, PLM etc.) im Rahmen eines Industrieerbeitskreises wird sichergestellt, dass sich das Instrumentarium in die gängigen IT-Landschaften der deutschen Industrie einbettet und verbreitet wird.

Förderinstitution: BMBF

#### *Transferprojekt T1 „Spezifikationstechniken – Domänenübergreifende Modellierung von Prinziplösungen“*

Ziel ist das im SFB 614, Teilprojekt B2, erarbeitete Set an Spezifikationstechniken zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme für industrielle Anwendungen anzupassen. Das Modellieren mit den Spezifikationstechniken soll die Entwickler unterstützen, grundlegende Eigenschaften bzgl. Aufbau und Funktionsweise des Systems

schon während der Konzipierung zu berücksichtigen sowie zu dokumentieren und die Kommunikation sowie Kooperation innerhalb interdisziplinärer Entwicklungsteams zu verbessern. Die Erprobung und Validierung erfolgt in Kooperation mit dem Pumpenhersteller Sterling Industry Consult GmbH. Förderinstitution: DFG

### Aktuelle Industriekooperationen

#### Die Zukunft des Industriebaus

Ziel des Forschungsprojektes „Zukunft Industriebau“ ist die Entwicklung eines ganzheitlichen Planungsleitfadens für die Realisierung zukunftsorientierter Industriegebäude. Grundlage hierfür ist die Kenntnis möglicher zukünftiger Entwicklungen des Industriebaus. Das Heinz Nixdorf Institut hat das Forschungskonsortium bei der Entwicklung von Szenarien für den Industriebau der Zukunft sowie bei der Ableitung von Anforderungen an Baustrukturen und Planungsverfahren im Industriebau unterstützt. Auftraggeber: Technische Universität Braunschweig

#### OWL ViProSim e.V.

Ziel ist der Aufbau eines virtuellen Kompetenzzentrums zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen der Region Ostwestfalen-Lippe (OWL). Im Fokus von OWL ViProSim steht die Vermittlung von Wissen über Methoden und Werkzeuge des Virtual Prototyping und Simulation. Partner: OWL MASCHINENBAU e.V.

#### VPS-QuickCheck

Der VPS-QuickCheck zeigt auf Basis einer Analyse des Produktentstehungsprozesses die Einsatzpotentiale für Virtual Prototyping und Simulation im betrachteten Unternehmen auf. Insgesamt wurden in drei KMU der Region OWL VPS Quickchecks durchgeführt.

Partner: Wirtschaftsentwicklungsgesellschaft Bielefeld (WEGE mbH)

#### Virtuelle Erprobung innovativer Scheinwerfersysteme

Auf Basis des VR-Fahrsimulators „Virtual Night-drive“ wurde ein Demonstrator zur interaktiven Visualisierung eines vorausschauenden Kurvenlichts bei KFZ-Scheinwerfern entwickelt. Das System stellt anschaulich die Funktionsweise dieser neuen Technologie dar und erleichtert so die Optimierung der Steueralgorithmen im Rechner.

Partner: Visteon Deutschland GmbH

#### Chancen in der Medizintechnik

Gegenstand des Vorhabens ist die systematische Analyse des weltweiten Medizintechnikmarktes und die Identifikation von Wachstumssegmenten. Für diese Wachstumssegmente werden Möglichkeiten erarbeitet, wie der Auftraggeber den Markteintritt in ausgewählte Wachstumssegmente bewerkstelligen kann. Zuvor wird unter Einsatz der Szenario-Technik vorausgedacht, wie sich die Wachstumssegmente auf Basis heute erkennbarer Einflüsse bis zum Jahre 2020 technologisch und marktseitig entwickeln werden.

Ziel des Vorhabens ist eine Studie, die die Chancen für einen Hersteller von Komponenten und Halbzeugen umfasst, der mit der Medizintechnik ein neues Marktsegment erschließen wird. Eine Marktantrittsstrategie mit konkreten Produktentwicklungsaufträgen rundet die Studie ab.

Auftraggeber: Namhafter Hersteller von Komponenten und Halbzeugen für die Automobilindustrie

#### Entwicklung und Etablierung eines Innovationsprozesses

Gegenstand des Vorhabens ist die Entwicklung und Etablierung eines Innovationsprozesses für die Hermann Sewerin GmbH, Gütersloh. Dazu wurde der Ist-Innovationsprozess mit der Modellierungssprache OMEGA aufgenommen, Optimierungspotentiale identifiziert und im Rahmen der Entwicklung und Implementierung des Soll-Innovationsprozesses umgesetzt. Ein Prozesshandbuch unterstützt die Mitarbeiter bei der täglichen Arbeit. Ziel des Vorhabens war ein systematischer Innovationsprozess zur Gestaltung des zukünftigen Produktportfolios mit definierten Meilensteinen, Verantwortlichkeiten, einzusetzenden Formblättern und Methoden.

Auftraggeber: Hermann Sewerin GmbH

#### Chancen und Risiken für die Antriebstechnik in der Druckmaschinenindustrie

Elektrische Kleinst- und Präzisionsantriebe sind elementarer Bestandteil heute etablierter Druckverfahren. Auf dem Markt setzen sich jedoch vermehrt neuere Druckverfahren durch, welche weitgehend ohne elektrische Antriebstechnik auskommen. Der Auftraggeber dieses Projektes, ein führender Anbieter von elektrischen Kleinst- und Präzisionsantrieben, sieht durch diese Entwicklung sein zukünftiges Geschäft bedroht. Gegenstand des Vorhabens ist die systematische Analyse des Geschäfts mit elektrischer Antriebstechnik in der Druckmaschinenindustrie und dessen Umfeld. Mit Hilfe der Szenario-Technik werden schlüssige Zukunftsbilder (Szenarien) entwickelt, die Situationen von Märkten und Umfeldern im Jahre 2018 beschreiben. Das Ziel sind Markt- und Umfelderszenarien für den Einsatz von elektrischen Kleinst- und Präzisionsantrieben und der Druckmaschinenindustrie sowie die Darstellung der Auswirkungen dieser Szenarien auf das zukünftige Geschäft.

Auftraggeber: Hersteller elektrischer Kleinst- und Präzisionsantriebstechnik

#### Funktionsorientiertes Product Lifecycle Management System

In diesem Projekt sollen Lösungskonzepte für eine methodische und IT-technische Unterstützung einer funktionsorientierten Arbeitsweise in einem Product Lifecycle Management System erarbeitet und prototypisch umgesetzt werden. In einem ersten Schritt sollen in erster Linie E/E-Systeme betrachtet werden. In einem weitergehenden Schritt sollen die Konzepte auf mechatronische Systeme ausgeweitet werden. Im Sinne einer vollständigen Betrachtung soll zusätzlich untersucht werden, ob die erarbeiteten Lösungskonzepte auch auf die Domäne der Mechanik anwendbar sind. Zusätzlich wird ein Aus-

tausch mit PLM-Systemanbietern angestrebt, um gegebenenfalls Einfluss auf die Weiterentwicklung der PLM-Systeme nehmen zu können.

Auftraggeber: Unternehmen der Automobilbauindustrie

#### Entwicklung eines Verfahrens zur strategischen Produkt- und Technologieplanung mit der Innovations-Datenbank für einen Hersteller von Luft- und Klimatechnik

In diesem Projekt wird ein vom Heinz Nixdorf Institut entwickeltes Verfahren zur strategischen Produkt- und Technologieplanung beim Auftraggeber etabliert. Es unterstützt den Auftraggeber bei der effizienten Weiterentwicklung der Marktleistung im Spannungsfeld aus Market Pull und Technology Push. Das Verfahren basiert auf der vom Heinz Nixdorf Institut entwickelten Innovations-Datenbank und Methoden zur Erzeugung und Aktualisierung der Inhalte sowie der anschaulichen Darstellung der Inhalte bspw. in Form einer Innovation-Roadmap.

Auftraggeber: Hersteller von Luft- und Klimatechnik

#### Projektseminar Produktinnovation

Im Projektseminar Produktinnovation bearbeiten Studierende und zwei wissenschaftliche Mitarbeiter ein Innovationsprojekt eines Unternehmens. Das Projekt läuft über 20 Wochen bei einer wöchentlichen Arbeitszeit von ca. 20 Stunden. Gegenstand des Projektes mit der Weidmüller Interface GmbH & Co. KG war die Zukunft des Schaltschrankbaus.

Auftraggeber: Weidmüller Interface GmbH & Co. KG

#### Analyse und Optimierung des Materialflusses in der Montage einer Möbelfertigung

Gegenstand des Projektes ist die Optimierung des Materialflusses in der Montage von Tischplatten und Tischgestellen. Auf Basis der Analyse der IST-Situation werden Konzepte zum Layout und dem Materialfluss der Montagehalle erarbeitet. Die unterschiedlichen Materialflusskonzepte werden rechnerintern abgebildet und analysiert. Anschließend werden die Konzepte mit dem Auftraggeber bewertet. Im Rahmen des neuen Konzepts zur Materialbereitstellung für die Montage wird außerdem die Anordnung und das Layout der Arbeitsplätze überarbeitet. Für eine Produktserie des Auftraggebers wird exemplarisch ein Montagearbeitsplatz ausgearbeitet und simuliert. Das Resultat des Projektes sind simulationsfähige Modelle des Materialflusskonzepts sowie eines Montagearbeitsplatzes inklusive der zugehörigen Materialbereitstellung.

Auftraggeber: Hersteller von Büroeinrichtungen

Daneben werden insbesondere im Bereich der strategischen Produkt- und Technologieplanung sowie der Produktoptimierung durch Integration von Mechanik und Elektronik noch eine Reihe weiterer Projekte mit Industriepartnern durchgeführt. Aus Gründen der Geheimhaltung dürfen diese hier, auch anonymisiert, nicht dediziert aufgeführt werden.

# Fachgruppe Informatik und Gesellschaft

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

## Publikationen

Holzweißig, K.; Krüger, J. (2009): Action directing construction of reality in new product development using social software. Using philosophy to solve real world problems. In: Hagengruber, R. (Hrsg.): *Philosophy's Relevance in Information Science*. Paderborn

Holzweißig, K. (2009): Wikimanagement of new product development process models. Creating common ground between NPD actors. In: *Proceedings of the 33rd Annual International Conference of the Product Development and Management Association*, Anaheim, USA, 31. Oktober–4. November

Keil, R.: Medi@Thing – Ein didaktischer Ansatz zum ko-aktiven Lernen. In: Schwill, A. (Hrsg.): *Hochschuldidaktik der Informatik HDI 2008*. Reihe: *Commentarii informaticae didacticae*, Band 1. Universitätsverlag Potsdam: Potsdam 2009

Keil, R.; Schubert, D.; Selke, H. (2009): Mobile Schreibweise als neue Form des betreuten virtuellen Lernens. In: Schwill, A.; Apostolopoulos, N. (Hrsg.): *7. e-Learning Fachtagung Informatik, DeLFI 2009*, 14.–17. September, GI-Edition Lecture Notes in Informatics (LNI), Nr. P-153, S. 175–185

Keil, R.; Schulte, J.; Döpke, I. (2009): Security management for flexibility in virtual knowledge spaces. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Information Management and Service*, Los Alamitos, USA, IEEE Computer Society, Vol. 0, S. 898–906

Schulte, J.; Döpke, I.; Keil, R.; Stark, K.; Eder, J. (2009): Enhanced security management for flexible and dynamic cooperative environments. In: *The 5th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing*, Washington, D.C., USA, November 11–14, 2009

Sommerkamp, H.; Schulte, J.; Keil, R.; Rybka, J.; Ferber, F. (2009): Ltm-sola – a service-oriented application to integrate hightech laboratories and virtual knowledge spaces. In: *The 5th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing*, Washington, D.C., USA, November 11–14, 2009

## Promotionen

*Dr. rer. nat. Harald Selke*

### Sekundäre Medienfunktionen für die Konzeption von Lernplattformen für die Präsenzlehre

In der Arbeit wird ein Konzept entwickelt, das konstruktiv für die Entwicklung von Lernplattformen genutzt werden kann. Auf Grundlage einer theoretischen Betrachtung, wie interaktive Medien Lehr- und Lernprozesse aus technischer Sicht unterstützen können, wird zunächst eine Abgrenzung von Medienfunktionen in drei Ebenen vorgenommen, die nicht nur zur Bewertung, sondern in erster Linie zur Konzeption von Lernplattformen dienen können. In einem zweiten Schritt werden die in verschiedenen Analysen anderer Autoren formulierten Anforderungen an Lernplattformen in einer Weise systematisch aufbereitet, die eine konstruktive Perspektive ermöglicht und Funktionsbereiche für derartige Systeme identifiziert. Der Bezug auf den Anwendungskontext der Präsenzlehre wird anschließend durch die ausführliche Analyse von Szenarien hergestellt, die um Untersuchungen verschiedener Veranstaltungen ergänzt werden.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich ein Katalog von Tätigkeiten der beteiligten Akteure, für die eine Lernplattform geeignete Funktionalitäten bereitstellen muss. Durch die Zusammenführung dieser drei unterschiedlichen Betrachtungsweisen in einen konstruktiven Rahmen wird schließlich ein Konzept entwickelt, das konstruktiv für die Entwicklung von Lernplattformen genutzt werden kann. Das Ergebnis dieser Betrachtungen kann somit als Grundlage für die Implementierung einer Lernplattform dienen.

## Weitere Funktionen

- Wissenschaftlicher Beirat des „Technologiezentrum Informatik (TZI)“, Bremen (seit 1998)
- Wissenschaftlicher Beirat der „Forschungs- und Beratungsstelle Arbeitswelt (FORBA)“, Wien (seit 2000)
- Mitglied des Beirats „Lernstatt Paderborn“ (seit 2005)
- Mitglied im GMW (Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft) Steering Committee (seit 2005)
- Gutachter für Information Society Directorate General of the European Commission für das Projekt „apodle – Advanced Process Oriented Self-directed Learning Environment“ (seit 2006)
- Mitglied im Programmkomitee „DeLFI – Deutsche eLearning Fachtagung Informatik“
- Mitglied im Programmkomitee „MuC – Mensch und Computer“
- Mitglied im Programmkomitee „GMW-Jahrestagung“
- Mitglied im Programmkomitee „PerEL – Pervasive eLearning“
- Mitglied im Programmkomitee „PerU – Pervasive University“ im Rahmen der GI-Jahrestagung 2009

## Spin-Offs

*co-actum GmbH*

Die co-actum GmbH entwickelt Software-Lösungen für kooperatives Arbeiten und eLearning Szenarien. Dazu bietet sie entsprechende IT-Services sowie Beratung und stellt geeignete Infrastrukturen bereit.

## Aktuelle Forschungsprojekte

*BID-OWL*

Im Rahmen des Projekts „*Bildung im Dialog – Ostwestfalen-Lippe*“ (BID-OWL) wird eine netzbasierte Arbeitsplattform für Schulen entwickelt, die ein Wissensmanagement im Internet ermöglicht und schulübergreifendes kooperatives Lernen unterstützt.

*openTeam – Strukturieren von Informationen in einem Team*

open-sTeam ist der Paderborner Open-Source-Ansatz zur kooperativen Wissensorganisation. Es werden Infrastrukturen und Methoden der Wissensstrukturierung in Gruppen von der Dokumentenverwaltung bis zum E-Learning entwickelt und erprobt.

*LARS – Lernen auf Reisen Schule*

(in Kooperation mit der Bezirksregierung Detmold und dem Heinz Nixdorf MuseumsForum).

In dem Projekt wird eine virtuelle Schule für Kinder aufgebaut, deren Eltern das Jahr über überwiegend unterwegs sind (z. B. Schausteller, Zirkus etc.).

*koPEP – Kooperative Produktentstehungsprozesse*  
Kooperative Weiterentwicklung von Produktentstehungsprozessen in Zusammenarbeit mit der Daimler AG.

*koaLA – ko-aktive Lern- und Arbeitsumgebung*  
Die im Rahmen des Projekts Locomotion entwi-

ckelte ko-aktive Lernumgebung koaLA wird für den universitären Einsatz angepasst und mit zusätzlichen Schnittstellen zur Verwaltung ausgestattet.

*Möglichkeiten und Grenzen der Kombination begrifflicher und grafischer Wissensorganisation: Dynamische Basisontologie und kooperative Semantik*

Interdisziplinäres Projekt zwischen Philosophie und Informatik, das sich u. a. mit Handlungsschemata in der Wissensarbeit befasst.

*DAWINCI – Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie*

Entwicklung einer Portfolio-basierten Plattform, eines Kompetenzrasters und von Ausbildungsmodulen zur Verbesserung der Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung der chemischen Industrie

## Aktuelle Industriekooperationen

*Unger, Welsow & Company GmbH, Paderborn*

Zusammenarbeit in Bereichen der Software-Ergonomie und der Web-Gestaltung in Kooperation mit verschiedenen anderen Firmen.

*InnoZent OWL, Paderborn*

Zusammenarbeit beim Aufbau eines regionalen Kompetenzzentrums eLearning und bei der Analyse und Bewertung der Weiterbildungssuchmaschine NRW im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen.

*Forschungsgemeinschaft Sifa-Langzeitstudie*

Aufbau einer Kooperationsplattform, die den Austausch zwischen Sicherheitsfachkräften aus ganz Deutschland unterstützt.

*Creos Lernideen und Beratung GmbH, Bielefeld*

Zusammenarbeit auf dem Gebiet eLearning und online-communities sowie im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie).

*Daimler AG, Stuttgart*

Zusammenarbeit in Fragen der Kooperationsunterstützung abteilungs- und firmenübergreifender Geschäftsprozessgestaltung.

*RAM Engineering + Anlagenbau GmbH, Gelsenkirchen*

Zusammenarbeit in Fragen der Integration heterogener Systemlandschaften.

*ChemKom e. V., Marl*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie).

*Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie).

*Infracor GmbH, Marl*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie).

*Industriepark Wolfgang GmbH, Hanau*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie).

# Fachgruppe Algorithmen und Komplexität

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

## Evonik Degussa GmbH, Essen

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

## Industriepark Wolfgang GmbH, Hanau

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

## Provdavis Partner für Bildung und Beratung GmbH, Frankfurt

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

## Chemie-Stiftung Sozialpartner-Akademie (CSSA), Wiesbaden

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

## dSpace, Paderborn

Zusammenarbeit in Fragen der Kooperationsunterstützung und bei Web-2.0-Anwendungen  
Siemens AG, Siemens IT Solutions and Services, Paderborn  
Zusammenarbeit im Bereich Gebrauchstauglichkeit und Software-Ergonomie

## Schulamts der Stadt Paderborn

Unterstützung und Beratung beim Ausbau der „Lernstatt Paderborn“

## Schulabteilung der Bezirksregierung, Detmold

Gemeinsame Aktivitäten und Projekte im Bereich bid-owl (Regionales Bildungsnetzwerk Ostwestfalen-Lippe) und LARS (Lernen auf Reisen – Schule)

## Benteler AG, Paderborn

Zusammenarbeit im Bereich ITIL Prozessmodellierung

## Stahl – Partner für Bäcker GmbH, Borcheln

Aufbau einer Plattform für e-Learning und Wissensmanagement in Bäckereiuunternehmen

## Christmann Informationstechnik und Medien GmbH

Entwicklung energieeffizienter Infrastruktur für den Bildungsbereich

## Publikationen

Schumacher, Tobias; Suess, Tim; Plessl, Christian; Platzner, Marco: Communication Performance Characterization for Reconfigurable Accelerator Design on the XD1000. In: Proc. Int. Conf. on ReConfigurable Computing and FPGAs (ReConFig), 9.–11. Dez. 2009

Dangelmaier, Wilhelm; Delius, Robin; Laroque, Christoph; Fischer, Matthias: Concepts for Model Verification and Validation during Simulation Runtime. In: European Simulation and Modelling Conference (ESM 2009), S. 49–53, 26.–28. Okt. 2009  
EUROSIS, EUROSIS-ETI

Nikolietseas, Sotiris E.; Raptopoulos, Christoforos; Spirakis, Paul G.: Colouring Non-Sparse Random Intersection Graphs. In: 34st International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science, S. 600–611, 24.–28. Aug. 2009

Mehler, Jan; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Power-Aware Online File Allocation in Mobile Ad Hoc Networks. In: Proceedings of the 21st Annual ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures (SPAA 2009), S. 347–356, 11.–13. Aug. 2009  
ACM SIGACT, ACM SIGARCH, ACM Press

Bonorden, Olaf; Degener, Bastian; Kempkes, Barbara; Pietrzyk, Peter: Complexity and approximation of a geometric local robot assignment problem. In: Algorithmic Aspects of Wireless Sensor Networks, S. 252–262, Jul. 2009, Springer Verlag

Suess, Tim; Fischer, Matthias; Huber, Daniel; Laroque, Christoph; Dangelmaier, Wilhelm: Ein System zur aggregierten Visualisierung verteilter Materialflusssimulationen. In: Gausemeier, Jürgen; Grafe, Michael (Hrsg.) Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Band 252, S. 111–126, Mai 2009, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn

Magenheim, Johannes; Dohmen, Michael; Lehner, Leopold; Reinhardt, Wolfgang; Stahl, Katharina; Suess, Tim: Informatik macchiato. Pearson-Studium, Apr. 2009

Meyer auf der Heide, Friedhelm; Bender, Michael (Hrsg.) 21st Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA 2009). 2009

Bienkowski, Marcin; Byrka, Jaroslaw; Korzeniowski, Mirosław; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Optimal Algorithms for Page Migration in Dynamic Networks. Journal of Discrete Algorithms, 7(4): S. 545–569, 2009

Dangelmaier, Wilhelm; Degener, Bastian: Online optimization with discrete lotsizing production and rolling horizons. In: 2nd International Conference on Dynamics in Logistics, 2009

Meyer auf der Heide, Friedhelm; Rammig, Franz Josef: Self-Organisation and Self-Optimization. Public Service Review: Science and Technology, 04, 2009

Briest, Patrick; Khanna, Sanjeev: Improved Hardness of Approximation for Stackelberg Shortest-Path Pricing. arXiv:0910.0110 2009

Briest, Patrick; Guala, Luciano; Hoefler, Martin; Ventre, Carmine: On Stackelberg Pricing with Computationally Bounded Consumers. In: Proceedings of the 5th International Workshop on Internet and Network Economics (WINE), 2009

Damerow, Valentina; Manthey, Bodo; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Räcké, Harald; Scheideler, Christian; Sohler, Christian; Tantau, Till: Smoothed Analysis of Left-To-Right Maxima with Applications. Preprint, 2009

Kutyłowski, Jaroslaw; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Optimal strategies for maintaining a chain of relays between an explorer and a base camp. Theoretical Computer Science, 410(36): S. 3391–3405, 2009

Degener, Bastian; Kempkes, Barbara; Pietrzyk, Peter: A local, distributed constant-factor approximation algorithm for the dynamic facility location problem. Preprint 2009

Nikolietseas, Sotiris E.; Raptopoulos, Christoforos; Spirakis, Paul G.: Combinatorial Properties for Efficient Communication in Distributed Networks with Local Interactions. In: Proceedings of IPDPS – IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium, S. 1–11 2009

## Weitere Funktionen

Friedhelm Meyer auf der Heide:

- Mitglied des Hochschulrats der Universität Paderborn
- Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher „Leopoldina“
- DFG-Vertrauensdozent der Universität Paderborn
- Mitglied des Fachbeirats des Max-Planck-Instituts für Informatik, Saarbrücken
- Direktor der NRW-Graduate School of Dynamic Intelligent Systems (einer von drei Direktoren)
- Stellvertretender Vorsitzender des Paderborn Institute for Scientific Computation (PaSCo) und seines Graduiertenkollegs
- Managing Editor des „Journal of Interconnection Networks (JOIN)“, World Scientific Publishing
- Mitglied im Programmkomitee des Workshops „Parallele Algorithmen, Rechnerstrukturen und Systemsoftware (PARS)“, 2009
- Mitglied im Programmkomitee des „Algorithms and Data Structures Symposium (WADS)“, 2009
- Mitglied im Programmkomitee des „International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS)“, 2009
- Mitglied der Bundes-Jury des Bundeswettbewerbs „Jugend Forscht“, Leiter der Sektion Informatik und Mathematik
- General Chair des ACM-Symposiums „Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA)“

Patrick Briest:

- Mitglied im Programmkomitee des „Workshop on Internet & Network Economics (WINE)“, 2009.

Graduiertenprogramme:

- HNI-GK: DFG-Graduiertenkolleg „Automatische Konfigurierung in offenen Systemen“
- G-School: NRW Graduate School of Dynamic Intelligent Systems
- Pasco-GK: DFG-Graduiertenkolleg „Wissenschaftliches Rechnen“
- DFG-Graduiertenkolleg „Automatismen – Struktur-entstehung außerhalb geplanter Prozesse in Informationstechnik, Medien und Kultur“

# Fachgruppe Entwurf Paralleler Systeme

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

## Aktuelle Forschungsprojekte

**AEOLUS:** EU-Integrated Project „Algorithmic Principles for Building Efficient Overlay Computers“ (AEOLUS)

**FRONTS:** EU-Strep „Foundations of Adaptive Networked Societies of Tiny Artefacts“

**DFG-SmartTeams:** DFG-Schwerpunktprogramm 1183 „Organic Computing“ mit dem Projekt: „Smart Teams“ (zusammen mit Prof. Dr. rer. nat. Christian Schindelbauer, Freiburg)

**DFG-AlgoEngCG:** DFG-Schwerpunktprogramm 1307 „Algorithm Engineering“ mit dem Projekt: „Algorithm Engineering für Probleme der Computergrafik“ (zusammen mit Dr. rer. nat. Matthias Fischer)

**DFG-AVIPASIA:** DFG-Projekt „Synchronisierte Analyse und 3D-Visualisierung paralleler Ablaufsimulationen in interaktiv erstellten Ausprägungen“ (zusammen mit Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier und Dr. rer. nat. Matthias Fischer)

**ViProSim:** Kompetenzzentrum „Verteilte Visualisierung und Simulation“. Zielvereinbarung der Universität Paderborn und dem Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

## Publikationen

Krupp, Alexander; Müller, Wolfgang: A Systematic Approach to Combined HW/SW System Test. In: Proceedings of DATE 2010, Mrz. 2010

Janacik, Peter; Lessmann, Johannes; Karch, Michael: Multi-View Communication Visualization for Wireless Network Simulations. In: Proceedings of the International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), Liverpool, UK, 27.–29. Jan. 2010, IEEE Computer Society Press

Klompaker, Florian; Nebe, Karsten; Bleiker, Andreas; Busch, Clemens; Willemsen, Detlev: User Centered Design of Patient User Interfaces for Remote Training Supervision. In: Third International Conference on Health Informatics (HEALTHINF 2010), Jan. 2010, Springer

Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Zabel, Henning; Müller, Wolfgang: Assertion-Based Verification of RTOS Properties. In: Proceedings of DATE 2010 2010

Stöcklein, Jörg; Pogscheba, Patrick: Development Of Complex Technical Systems: The Mixed Reality In The Loop Design Process. In: HC2009: 12th International Conference on Humans and Computers, 9.–10. Dec. 2009

Orfanus, Dalimir; Heimfarth, Tales; Janacik, Peter: An Approach for Systematic Design of Emergent Self-Organization in Wireless Sensor Networks. In: Proceedings of The First International Conference on Adaptive and Self-adaptive Systems and Applications, Athens/Glyfada, Greece, 15.–20. Nov. 2009, IEEE Computer Society Press

Kerstan, Timo; Baldin, Daniel; Schomaker, Gunnar: Formale Bestimmung von Systemparametern zum transparenten Scheduling virtueller Maschinen unter Echtzeitbedingungen. In: Informatik aktuell (Tagungsband Echtzeit 2009), 19.–20. Nov. 2009 Fachausschuß Echtzeitsysteme der Gesellschaft für Informatik und der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), Springer-Verlag

Montealegre, Norma; Kataev, Vadim: Automatic Speech Recognition Front-End Implemented by Means of Algorithmic Skeletons and Partial Reconfiguration. In: Gonzalez, Teofilo (Hrsg.) The 21st IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems, Cambridge, Massachusetts, USA, 2.–4. Nov. 2009 IASTED, ACTA Press, Calgary, Canada

Deveci, Deniz; Kortenjan, Michael; Schomaker, Gunnar: Distributed Heterogeneous Hashing and Deterministic Dynamical Decompositions. In: Parallel and Distributed Computing and Systems, Nr.21, Cambridge, Massachusetts, USA, 2.–4. Nov. 2009, ACTA Press, Calgary, Canada

Klompaker, Florian; Nebe, Karsten; Reimann, Christian: TANGIMALS – An Educational Multi-User Tabletop Game. In: Interactive Tabletops and Surfaces – Poster & Demo Session, Nov. 2009

Rammig, Franz Josef; Zhao, Yuhong; Samara, Sufyan: Online Model Checking as Operating System Service. In: The 7th IFIP Workshop on Software Technologies for Future Embedded and Ubiquitous Systems (SEUS 2009), Nov. 2009 IFIP WG 10.5, Springer

Klompaker, Florian; Reimann, Christian: Towards Standardized Distributed Multitouch Interaction. In: Proceedings of the Academic MindTrek Conference 2009, Tampere, Finland, 30. Sep.–2. Okt. 2009, ACM Press

Samara, Sufyan; Orfanus, Dalimir; Janacik, Peter: Towards biologically inspired decentralized self-adaptive OS services for distributed Reconfigurable System on Chip (RSoC). ACM SIGBED (Special Interest Group on Embedded Systems) Review, 6(3), Okt. 2009

Samara, Sufyan; Orfanus, Dalimir; Janacik, Peter: Towards Biologically Inspired Decentralized Self-Adaptive OS Services for Distributed Reconfigurable System on Chip (RSoC). In: 2nd Workshop on Adaptive and Reconfigurable Embedded Systems (APRES) at ESWeek 2009, Grenoble, France, Okt. 2009

Orfanus, Dalimir; Heimfarth, Tales; Wagner, Flavio: Process Algebra to Model Self-Organizing Behavior in Wireless Sensor Networks. In: IEEE SASN 2009 The International Workshop on Scalable Ad Hoc and Sensor Networks, St. Petersburg, Russia, Okt. 2009, IEEE Computer Society

Richert, Willi; Niehörster, Oliver; Koch, Markus: Layered Understanding for Sporadic Imitation in a Multi-Robot Scenario. In: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2009), 22.–26. Sep. 2009 IEEE

Janacik, Peter; Kujat, Alexander: Biologically-Inspired Construction of Connected k-Hop Dominating Sets in Wireless Sensor Networks. In: Proceedings of Third IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (SASO 2009), San Francisco, California, USA, 14.–18. Sep. 2009, IEEE Computer Society

Baldin, Daniel; Kerstan, Timo: Proteus, a hybrid Virtualization Platform for Embedded Systems. In: Rettberg, Achim; Rammig, Franz Josef (Hrsg.) Analysis, Architectures and Modelling of Embedded Systems, 14.–16. Sep. 2009 IFIP WG 10.5, Springer-Verlag

Klompaker, Florian; Schrage, Klemens; Reimann, Christian: INDIE: A Framework for Human Computer Interaction in Distributed Environments. In: ACM Mobility 2009, Nice, France, 2.–4. Sep. 2009, ACM Press

Krupp, Alexander; Müller, Wolfgang: Systematic Model-in-the-Loop Test of Embedded Control Systems. In: Proceedings of IESS 2009, Friedrichshafen, Germany, Sep. 2009 IFIP WG 10.5, Springer Verlag LNCS

Adelt, Philipp; Klöpfer, Benjamin: Buildings Blocks and Prototypical Implementation of a Hybrid Planning Architecture. In: Klöpfer, Benjamin; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) Self-x in Engineering, S. 55–67, Sep. 2009, MV Verlag

Geiger, Christian; Stöcklein, Jörg; Berssenbrügge, Jan; Paelke, Volker: Mixed Reality Design of Control Strategies. In: DETC2009/CIE-87350, Proceeding of ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, Aug. 2009 ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, ASME

Stöcklein, Jörg; Geiger, Christian; Paelke, Volker; Pogscheba, Patrick: A Design Method for Next Generation User Interfaces inspired by the Mixed Reality Continuum. In: HCI International, 13th International Conference on Human-Computer Interaction, Band 13, 19.–24. Jul. 2009 HCI International, Springer Verlag

Becker, Markus; Zabel, Henning; Müller, Wolfgang; Kiffmeier, Ulrich: Integration abstrakter RTOS-Simulation in den Entwurf eingebetteter automobiler E/E-Systeme. In: Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2009

Gciger, Christian; Pogscheba, Patrick; Stöcklein, Jörg; Haehnel, Hartmut; Berntssen, Malte C.: Modellbasierter Entwurf von Mixed Reality – Interaktionstechniken für ein Indoor-Zeppelin. In: Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Band 8, 28.–29. Mai 2009 Heinz Nixdorf Institut, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn

Klompaker, Florian; Nebe, Karsten; Busch, Clemens; Willemsen, Detlev: Designing Context Aware User Interfaces for Online Exercise Training Supervision. In: 2nd International Conference on Human System Interaction, 21.–23. Mai 2009, IEEE

Richert, Willi; Tornese, Riccardo: ESLAS – a robust layered learning framework. International Journal on Advances in Intelligent Systems, 1(2), Mai 2009

Samara, Sufyan; Bin Tariq, Fahad; Kerstan, Timo; Stahl, Katharina: Applications Adaptable Execution Path for Operating System Services on a Distributed Reconfigurable System on Chip. In: Proceedings of International Conference on Embedded Software and Systems, 2009. ICESS 2009, Mai 2009

Richert, Willi; Scheller, Ulrich; Koch, Markus; Kleinjohann, Bernd; Stern, Claudius: Increasing the autonomy of mobile robots by imitation in multi-robot scenarios. In: International Conference on Autonomous and Autonomous Systems (ICAS 2009), 20.–24. Apr. 2009 IASTED

Richert, Willi; Scheller, Ulrich; Koch, Markus; Kleinjohann, Bernd; Stern, Claudius: Integrating sporadic imitation in reinforcement learning robots. In: IEEE International Symposium on Approximate Dynamic Programming and Reinforcement Learning (ADPRL 2009), 30. Mrz.–2. Apr. 2009

Magenheim, Johannes; Dohmen, Michael; Lehner, Leopold; Reinhardt, Wolfgang; Stahl, Katharina; Suess, Tim: Informatik macchiato. Pearson-Studium, Apr. 2009

Stöcklein, Jörg; Geiger, Christian; Paelke, Volker; Pogscheba, Patrick; Lehmann, Anke: MVCE – A Design Pattern to Guide the Development of Next Generation User Interfaces. In: IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2009, 14.–15. Mrz. 2009 IEEE, IEEE Computer Society Press

Dittmann, Florian; Weber, Elmar; Montealegre, Norma: Implementation of the Reconfiguration Port Scheduling on the Erlangen Slot Machine. In: Chow, Paul; Cheung, Peter (Hrsg.) Proceeding of the International Symposium on Field Programmable Gate Arrays, Band 17, S. 282–282, Monterey, California, 22.–24. Feb. 2009 ACM/SIGDA, ACM Press, New York, NY, USA

Mathews, Emi: Evaluation of a “Smart” Pedestrian Counting System Based on Echo State Networks. EURASIP Journal on Embedded Systems, vol. 2009 (352172), Feb. 2009

Meyer auf der Heide, Friedhelm; Rammig, Franz Josef: Self-Organisation and Self-Optimization. Public Service Review: Science and Technology, 04 2009

Adelt, Philipp; Esau, Natascha; Schmidt, Alexander: Hybrid Planning for an Air Gap Adjustment System Using Fuzzy Models. Journal of Robotics and Mechatronics, 21(5): S. 647–655 2009

Götz, Marcelo; Dittmann, Florian; Xie, Tao: Dynamic relocation of hybrid tasks: Strategies and methodologies. Microprocessors and Microsystems – Embedded Hardware Design, 33(1): S. 81–90 2009

Zabel, Henning; Müller, Wolfgang: Increased Accuracy through Noise Injection in Abstract RTOS Simulation. In: DATE 2009: Proceedings of the conference on Design, automation and test in Europe 2009

Zabel, Henning; Müller, Wolfgang; Gerstlauer, A.: Accurate RTOS Modelling and Analysis with SystemC. In: W. Ecker, W. Mueller, R. Doemer (eds.) Hardware Dependent Software – Principles and Practice Springer-Verlag 2009

Montealegre, Norma; Rammig, Franz Josef: Dynamically Reconfigurable Systems. , Kapitel: Dynamic Partial Reconfiguration by Means of Algorithmic Skeletons – A Case Study , Springer-Verlag 2009

Xie, Tao; Müller, Wolfgang; Schattkowsky, Tim: A UML frontend for IP-XACT-based IP management. In: Proceedings of Design, Automation and Test in Europe (DATE 2009), S. 238–243, Nice, France 2009

Dömer, Rainer; Ecker, Wolfgang; Müller, Wolfgang (Hrsg.) Hardware Dependent Software – Principles and Practice. Springer Verlag, Dordrecht, Jan. 2009

Radkowski, Rafael; Zabel, Henning: Kommunikationsserver zur dynamischen Kopplung mechatronischer Systeme an Augmented-Reality-Anwendungen. In: 12. IFF-Wissenschaftstage, Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, 6. Fachtagung zur Virtual Reality, Magdeburg 2009, Fraunhofer IFF

Samara, Sufyan; Bin Tariq, Fahad: OS service optimization in a heterogeneous distributed System on Chip ( SoC). In: Workshop on Distributed Computing in Ambient Environments ( DiComAe) within the KI2009 Conference 2009

Samara, Sufyan; Schomaker, Gunnar: Self-adaptive OS service model in relaxed resource distributed Reconfigurable System on Chip (RSoC). In: International Conference on Adaptive and Self-adaptive Systems and Applications, ADAPTIVE 2009, 2009

Rammig, Franz Josef; Ditze, Michael; Janacik, Peter; Heimfarth, Tales; Kerstan, Timo; Oberthür, Simon; Stahl, Katharina: Hardware-dependent Software Principles and Practice. , Kapitel: Basic Concepts of Real Time Operating Systems, S. 15–45, Springer, Jan. 2009

Oyamada, Marcio S.; Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Wagner, Flavio: Advanced Topics in VLSI Design. , Kapitel: Performance Estimation in MPSoC Design, S. 115–132, UFRGS 2009

Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Wehrmeister, Marco A.; A. Nascimento, Francisco; Pereira, Carlos E.; Wagner, Flavio: Behavioral Modeling for Embedded Systems and Technologies: Applications for Design and Implementation. , Kapitel: High-Level Design Space Exploration of embedded Systems Using the Model-Driven Engineering and Aspect-Oriented Design Approaches, S. 114–146, IGI Global 2009

A. Nascimento, Francisco; Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Wagner, Flavio: Formal Verification for Embedded Systems Design Based on MDE. In: Proceedings of International Embedded Systems Symposium (IESS) 2009

Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Ferreira, Ronaldo R.; A. Nascimento, Francisco; Rammig, Franz Josef; Wagner, Flavio: Exploiting the Model-Driven Engineering Approach to Improve Design Space Exploration of Embedded Systems. In: Proceedings of Symposium on Integrated Circuits and Systems Design (SBCCI) 2009

A. Nascimento, Francisco; Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Wagner, Flavio: Using MDE for the Formal Verification of Embedded Systems Modeled by UML Sequence Diagrams. In: Proceedings of Symposium on Integrated Circuits and Systems Design (SBCCI) 2009

A. Nascimento, Francisco; Ferreira da Silva Oliveira, Marcio; Wagner, Flavio: MDE Approach to the Co-Synthesis of Embedded Systems Using a MOF-based Internal Design Representation. In: Proceedings of Workshop on Model-based Methodologies for Pervasive and Embedded Software (MOMPES) 2009

Zhao, Yuhong; Rammig, Franz Josef: Model-based Runtime Verification Framework. In: Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Band 253(1), S. 179–193 2009

Schnelte, Matthias: Generating Test Cases for Timed Systems from Controlled Natural Language Specification. In: Proceedings 3rd IEEE International Conference on Secure System Integration and Reliability Improvement (SSIRI 2009), S. 348–353 2009

Freitas, E. P.; Heimfarth, T.; Wehrmeister, M. A.; Wagner, F. R.; Ferreira, A. M.; Pereira, C. E.; Larsson, T.: Using a Link Metric to Improve Communication Mechanisms and Real-Time Properties in an Adaptive Middleware for Heterogeneous Sensor Networks. In Proceedings of the 3rd international Conference and Workshops on Advances in Information Security and Assurance (Seoul, Korea, June 25–27, 2009)

### Promotionen

Johannes Lessmann

#### Protocols for Telephone Communications in Wireless Multi-Hop Ad Hoc Networks

In seiner Dissertation schlug Herr Lessmann ein alternatives Szenario vor, in dem der PBX (oder VoIP Server) durch mehrere Gateways ersetzt wird. Diese kommunizieren mit den Telefonen mittels draht-

loser Verbindungen. Anstatt aber eine große Zahl von Gateways zu installieren, um eine vollständige Funkabdeckung des Unternehmens zu gewährleisten – was teuer ist –, benutzen die Telefone, die nicht in Reichweite irgendeines Gateways sind, andere Telefone als Weiterleitungs-Stationen (sog. Hops). Gateways und Telefone bilden also ein Multi-Hop ad-hoc-Netzwerk. Abgesehen von der Mobilität der Telefone durch die Einführung von Drahtlostechnik wird das Zentralisierungsproblem gelöst, indem die vorher im PBX vorgehaltenen Daten auf die Telefone verteilt werden. Um dieses Szenario zu ermöglichen, entwickelte Herr Lessmann ein „Cross-Layer“-Protokoll, das aus Medienzugriffskontrolle, Topologiekontrolle und Routing besteht. Die Topologiekontrolle erstellt ein mehrstufiges Backbone, die Zugriffskontrolle erlaubt es, maximale Pro-Knoten-Verzögerungen zu garantieren. Beides kann vom Routing ausgenutzt werden, um Verbindungen mit maximalen Gesamtverzögerungen aufzubauen. Die Bandbreite der Verbindungen kann durch Aggregation, Überbuchen und gezielte Paketfragmentierung extrem effizient genutzt werden. Die Verbindungen bestehen aus zwei Pfaden, die in Form einer Strickleiter zusammenhängen, was zu einer großen Robustheit gegenüber Ausfällen führt. Die Dissertation wurde in Kooperation mit Siemens durchgeführt. Neben zahlreichen wissenschaftlich hochinteressanten Ergebnissen hat sie daher auch eine sehr große praktische und wirtschaftliche Relevanz.

*Natascha Esau*

#### **Emotionale Aspekte der Mensch-Roboter-Interaktion und ihre Realisierung in verhaltensbasierten Systemen**

Die Arbeit von Frau Esau beruht auf einem speziellen Fuzzy-Emotions-Modell. Die Emotionserkennung geschieht sowohl visuell (VISBER) über Analyse des Gesichtsausdrucks wie auch prosodiebasiert (PROSBER) über Analyse der Sprachmodulation. VISBER ist ein sechsstufiges Verfahren, von der Bildvorverarbeitung über allgemeine Bilderkennungsschritte bis hin zur letztendlichen Klassifizierung. Die eigentliche Klassifizierung von Emotionen erfolgt über ein Fuzzy-System. PROSBER besteht aus zwei recht ähnlichen Strängen zum Trainieren eines Fuzzy-Systems und zur Emotionserkennung mittels eines derart trainierten Systems. Das Training des Fuzzy-Systems folgt hier dem sogenannten Fuzzy-Grid-Ansatz. Um eine vollständige Mensch-Maschine-Interaktion zu gewährleisten, muss die Maschine ihrerseits Emotionen ausdrücken können. Hier bedient sich Frau Esau des im C-LAB entwickelten Roboterkopfes MEXI. Dessen zentrale Komponente ist die sogenannte Emotion Engine. Es handelt sich um eine Überlagerung von durch positive und negative Stimuli beeinflussten Emotionen und zyklischen, aber auch extern beeinflussbaren Bedürfnissen. Aufbauend auf Modellen aus der Psychologie entwickelte Frau Esau eine grundsätzliche technische Entsprechung für ein Bedürfnissystem und überführte sie in eine mathematische Formulierung, die die Grundlage für eine Implementierung darstellt. In ähnlicher Weise wird der zeitliche Verlauf von Emotionen behandelt.

*Wilhelm Richert*

#### **Learning and imitation in heterogeneous robot groups**

Da Roboter immer erschwinglicher werden, werden sie in immer mehr Bereichen für zunehmend komplexe Aufgaben eingesetzt. Wenn die jeweilige Aufgabe nicht von einem Experten manuell ausprogrammiert werden kann – wenn z.B. die

Aufgabenkomplexität zu groß ist oder aufgrund der Umgebungsdynamik – muss das gewünschte Verhalten vom Roboter selbst gelernt werden. Dieser Lernprozess beinhaltet gewöhnlich eine lange Trainingsphase, in der der Roboter mit seiner Umgebung experimentiert, um das gewünschte Verhalten zu lernen. Diese Trainingszeit könnte jedoch verkürzt werden, wenn mehrere Roboter in einer Gruppe das gleiche Ziel haben und einander imitieren können. Wie dies in einer Robotergruppe möglich ist, wird in der Dissertation „Learning and imitation in heterogeneous robot groups“ von Wilhelm Richert untersucht. Die in dieser Arbeit vorgestellten Imitationsansätze erlauben es Robotern, einander zu imitieren, ohne Einblick in die jeweiligen internen Datenstrukturen der anderen Robotern zu erhalten. Dadurch können Roboter in einer Gruppe ihre Performance steigern. Zusätzlich erlauben die vorgestellten Ansätze den Einsatz von Imitation in heterogenen Robotergruppen. Normalerweise verschlechtert sich der Nutzen von Imitation, wenn Roboter mit unterschiedlichen Fähigkeiten versuchen einander zu imitieren. In dieser Arbeit wird ein Ansatz vorgestellt, mit dem Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede in den Verhaltensfähigkeiten der Roboter berechnet werden können. Dies kann dann benutzt werden, um jeweils den ähnlichsten Roboter für die Imitation auszuwählen.

*Alexander Krupp*

#### **A Verification Plan for Systematic Verification of Mechatronic Systems**

Herr Krupp entwickelte eine neuartige Methode zur Definition eines Verifikationsplans für mechatronische Systeme. Diese verknüpft geschickt aktuelle Entwicklungen im Kontext der Verifikationsplanung für Digitalelektronik mit heutigen Ansätzen zur Mechatronikentwicklung und -verifikation. Die Methode basiert auf einer wesentlich erweiterten Klassifikationsbaummethode, die auf der etablierten Klassifikationsbaummethode CTM/ES von Daimler aufbaut. Sie ermöglicht die Definition formaler Eigenschaften zusammen mit einer Ausführungssteuerung zur Erstellung eines automatisierten Verifikationsplans für Simulation und Test mechatronischer Systeme. Durch die Verknüpfung neuartiger Verifikationsartefakte mit funktionalen Anforderungen wird eine wesentlich verbesserte Sichtbarkeit.

*Simon Oberthür*

#### **Towards an RTOS for Self-optimizing Mechatronic Systems**

In dieser Dissertation wurden Konzepte für ein Echtzeitbetriebssystem für selbstoptimierende Systeme entwickelt. Charakterisierend für diese Systeme ist der dynamische Ressourcenbedarf. Aus diesem Grund wurde ein flexibler Ressourcen Manager entwickelt, der es ermöglicht temporär ungenutzte Ressourcen einer Anwendung unter harten Echtzeitbedingungen anderen Anwendungen zur Verfügung zu stellen und nicht benötigte Systemdienste zu deaktivieren. Um zusätzliche Ressourcen aufzunehmen müssen Anwendungen zusätzlich weitere Varianten spezifizieren. Um den Entwickler bei der Spezifikation zu unterstützen wurde der Ansatz in den Entwurfsprozess für selbstoptimierende Systeme integriert.

*Marco Aurélio Wehrmeister*

#### **An Aspect-Oriented Model-Driven Engineering Approach for Distributed Embedded Real-Time Systems**

Eingebettete Realzeitsysteme sind hochkomplexe Softwaresysteme, bei denen neben der logischen

Korrektheit der Programme auch noch eine Vielzahl physikalischer Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Der Ansatz von Marco Wehrmeister zielt darauf, dieses vielschichtige Problem mit den Methoden der Aspektorientierten Programmierung anzugehen. Durch fokussierte Betrachtung unterschiedlicher Aspekte eines eingebetteten Realzeitprogramms, verbunden mit einem weitgehend automatisierten Prozess zum Verweben der Aspekte zu einem einzigen konsistenten Programm, kann der Entwurfsprozess für eingebettete Realzeitanwendungen erheblich effizienter gestaltet werden. Marco Aurélio Wehrmeister hat ein komplettes Framework für diese Aufgabenstellung entwickelt und implementiert. Mit AMoDE-RT (Aspect-oriented Model-Driven Engineering for Real-Time Systems) hat er ein an den internationalen Standard MARTE angelehntes UML-Profil entwickelt, das gleichermaßen eine anwendungsspezifische Modellierung erlaubt wie auch auf eine effiziente Code-Erzeugung zugeschnitten ist. Für die Aspektorientierte Programmierung entwickelte er mit DERAf (Distributed Embedded Real-time Aspects Framework) ein System geeigneter Stereotypen für UML und MARTE. Es beinhaltet sechs Packages zur Behandlung der relevanten nicht funktionalen Aspekte verteilter Realzeitsysteme: Timing, Genauigkeit, Synchronisation, Kommunikation, Ressourcenbeschränkung und Task-Allokation. Um das Crosscutting zu spezifizieren, führte Herr Wehrmeister ein mit Stereotypen versehenes Klassendiagramm ein, das er ACOD (Aspects Crosscutting Overview Diagram) nennt.

#### **Weitere Funktionen**

*F. J. Rammig:*

- Mitglied Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften
- Mitglied acatech, deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Mitglied des zentralen Vergabeausschusses der Alexander von Humboldt Stiftung
- Hochschulseitiger Vorstand des C-LAB
- Vorstandsmitglied der Paderborner International Graduate School on Dynamic Intelligent Systems
- Vorstandsmitglied des Paderborner Center for Parallel Computing
- Vorstandsmitglied s-lab (Software Quality Lab)
- Vertreter Deutschlands in IFIP TC 10
- Mitglied in der IFIP Arbeitsgruppe 10.2 und 10.5
- Mitglied in GI FB Technische Informatik
- Mitherausgeber Teuber Texte zur Informatik
- Mitherausgeber Journal of Network and Computer Application (Elsevier)

*B. Kleinjohann:*

- Vice Chair IFIP Arbeitsgruppe 10.2 Embedded Systems
- Program Chair, IFIP Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (Dipes 2010), Brisbane, Australia, September 2010

*L. Kleinjohann:*

- Publication Chair IFIP Arbeitsgruppe 10.2 Embedded Systems
- Organizing Chair, IFIP Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (Dipes 2010), Brisbane, Australia, September 2010

*W. Müller:*

- Stellvertretender Sprecher der RSS Fachgruppe 4 Beschreibungssprachen und Modellierung von Schaltungen und Systemen
- Mitglied der ACM SIGDA
- Mitglied der ACM

- Mitglied der IEEE Computer Society
- Vice Program Chair, DATE 2009
- Work in Progress Chair, IEEE SIES 2010
- General Co-Chair, UML-SOC'09

#### S. Oberthür:

- ACM Sigbed Information Director/Web chair

#### Auswahl aktueller Forschungsprojekte

SFB 616, Tp. A2 – Verhaltensorientierte Selbstoptimierung (DFG)

SFB 614, Tp. B3 – Virtual Prototyping (DFG)

SFB 614, Tp. C2 – RTOS für selbstoptimierende Systeme (DFG)

SFB 614, Transferprojekt T4 – Flexibles Ressourcenmanagement in der Praxis (DFG)

SPP Reconfigurable Computing, Projekt TP2R2 – Temporal Placement and Temporal Partitioning rekonfigurierbarer Rechensysteme (DFG)

ESLAS SPP Organic Computing, Projekt „A Modular Approach for Evolving Societies of Learning Autonomous Systems“ (DFG)

Coconut: Design-Fluss für Modellierung und Verifikation, Schwerpunkt auf gemischt kontinuierlich/diskrete eingebettete Systeme (EU Projekt)

eCUBES: Erforschung von Mikro-System-Technologien um die Entwicklung von kostengünstigen, hochgradig miniaturisierten und autonomen Systemen für das Einsatzgebiet der Ambient Intelligence zu ermöglichen

AIS (edacentrum Clusterforschungsprojekt) „Autonome Integrierte Systeme“: Methoden, Werkzeuge und Architekturen für den Entwurf Autonomer Integrierter Systeme (EU Projekt)

OSAMI: Open Source Ambient Intelligence, Bedarfsanalyse für OSAMI-basierte Dienste und Systeme in der Anwendung Domain "IT im Gesundheitswesen" (EU Projekt)

SPRINT: Open SoC Design Platform for Reuse and Integration of IPs (EU Projekt)

SATURN: SysML bAsed modeling, architecTUre exploRation, simulation and syNthesis for complex embedded systems (EU Projekt)

SANITAS: Sicherer Anwendungsentwurf mittels transaktionsbasierter Systemmodelle für zuverlässige Produkte der nächsten Generation

TIMMO: Timing Model, Timing Constraints, ECU übergreifende Kommunikation, Echtzeitverhalten (BMBF Projekt)

#### Aktuelle Industriekooperationen

- Im Rahmen des SFB 614 Transferprojektes T4 mit der Sysgo AG, Klein-Winterheim und der Bluestone Technology GmbH, Wendelsheim
- Im Rahmen des SATURN Projektes mit der Thales Security Systems, der Artisan Software Tools GmbH
- Im Rahmen des SANITAS und OSAMI Projektes mit der Siemens AG Deutschland
- Im Rahmen des SANITAS Projektes mit der TietoEnator GmbH, Lippstadt

#### Wissenschaftliche Kooperationen

- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Center for Embedded Computer Systems, UC Irvine, USA
- UFRGS Porto Alegre, Brasilien
- Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe
- TU Berlin
- TU Braunschweig
- TU Kaiserslautern
- TU München

# Fachgruppe Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert

## Publikationen

Witkowski, U.; El Habbal, M.; Herbrechtsmeier, S.; Penders, J.; Alboul, L.; Motard, E.; Gancet, J.: Mobile Ad-hoc communication in highly dynamic environment optimized with respect to robustness, size and power efficiency. In: Proceedings of the International Workshop on Robotics for risky interventions and Environmental Surveillance (RISE 2009), Brussels, Belgium, January 12–14, 2009

Pfau, T.; Peveling, R.; Herath, V.; Hoffmann, S.; Würdehoff, C.; Adamczyk, O.; Pormann, M.; Noé, R.: Towards Real-Time Implementation of Coherent Optical Communication. In: Proceedings of OFC/NFOEC 2009, San Diego, California, USA, March 22–26, 2009, invited paper

Hoffmann, S.; El-Darawy, M.; Pfau, T.; Würdehoff, C.; Peveling, R.; Rückert, U.; Noe, R.: Realtime Phase Tracking with Multiplier-Free Barycenter Approximation in Digital Synchronous QPSK Receiver for Coherent Detection. In: LEOS, Annual Meeting 2009, Belek-Antalya, Turkey, March 22–26, 2009

Herath, V.; Peveling, R.; Pfau, T.; Adamczyk, O.; Hoffmann, S.; Würdehoff, C.; Pormann, M.; Noé, R.: Chipset for a Coherent Polarization-Multiplexed QPSK Receiver. In: Proceedings of OFC/NFOEC 2009, San Diego, California, USA, March 22–26, 2009

Köster, M.; Luk, W.; Hagemeyer, J.; Pormann, M.: Design Optimizations to Improve Placeability of Partial Reconfiguration Modules. In: Proceedings of DATE: Design, Automation and Test in Europe, pp. 976–981, Nice, France, April 20–24, 2009

Grassi, P. R.; Santambrogio, M. D.; Puttmann, C.; Pohl, C.; Pormann, M.: A High Level Methodology for Monitoring Network-on-Chips. Diagnostic Services in Network-on-Chips (DSNOC'09), Workshop at Design, Automation and Test in Europe, DATE 2009, pp. 79–97, Nice, France, April 24, 2009

Grassi, P. R.; Pohl, C.; Pormann, M.: Reconfiguration Viewer. Design, Automation and Test in Europe DATE, University Booth, Nice, France, April 20–24, 2009

Pohl, C.; Fuest, R.; Pormann, M.: Manageable Dynamic Reconfiguration with EVE – Extendable VHDL Editor. Design, Automation and Test in Europe DATE, University Booth, Nice, France, April 20–24, 2009

Pormann, M.; Hagemeyer, J.; Romoth, J.; Strugholtz, M.: Rapid Prototyping of Next-Generation Multiprocessor SoCs. In Proceedings of Semiconductor Conference Dresden, SCD 2009, Dresden, Germany, April 29–30, 2009, invited paper

Luetkemeier, S.; Kaulmann, T.; Rückert, U.: A Sub-200mV 32bit ALU with 0.45pJ/instruction in 90nm CMOS. In: Proceedings of Semiconductor Conference Dresden, SCD 2009, Dresden, Germany, April 29–30, 2009, invited paper

El-Darawy, M.; Herath, V.; Pfau, T.; Hoffmann, S.; Peveling, R.; Adamczyk, O.; Würdehoff, C.; Rückert, U.; Noe, R.: Analysis of an ASIC-based Coherent Polarization-Multiplexed QPSK Receiver and Differential Receiver Frontends. In: 10. ITG-Fachtagung Photonische Netze, ITG-Fachbericht, pp. 127–130, Leipzig, Germany, May 4–5, 2009, ITG/VDE

Liß, C.; Pormann, M.; Rückert, U.: Early Exploration of Network Processor Architectures Using Cadence InCyte Chip Estimator. CDNLive, EMEA2009, Munich, Germany, May 18–20, 2009 (best paper award)

Liß, C.; Pormann, M.; Rückert, U.: InCyte ChipEstimator in Research and Education. CDNLive, EMEA2009, Munich, Germany, May 18–20, 2009

Jungeblut, T.; Klassen, D.; Dreesen, R.; Pormann, M.; Thies, M.; Rückert, U.; Kastens, U.; Design Space Exploration for Next Generation Wireless Technologies. Electrical and Electronic Engineering for Communication (EEEfCOM) 2009, Ulm, Germany, June 24–25, 2009, Invited talk

Purnaprajna, M.; Pohl, C.; Pormann, M.; Rückert, U.: Using Run-time Reconfiguration for Energy Savings in Parallel Data Processing. In: Proceedings of the International Conference on Engineering of Reconfigurable Systems and Algorithms (ERSA '09), Las Vegas, USA, July 13–16, pp. 119–125, 2009

Grassi, P. R.; Santambrogio, M. D.; Hagemeyer, J.; Pohl, C.; Pormann, M.: SiLLis: A Simplified Language for Monitoring and Debugging of Reconfigurable Systems. In Proceedings of the International Conference on Engineering of Reconfigurable Systems and Algorithms (ERSA '09), Las Vegas, USA, July 13–16, pp. 174–180, 2009

Purnaprajna, M., Pormann, M., and Rueckert, U.: Run-time Reconfigurability in Embedded Multiprocessors. SIGARCH Computer Architecture News, Volume 37, Number 2, pp. 30–37, July 2009

Pormann, M.; Purnaprajna, M.; Puttmann, C.: Self-optimization of MPSoCs Targeting Resource Efficiency and Fault Tolerance. In: Proceedings of NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems (AHS-2009), pp. 467–473, San Francisco, California, USA, July 29–August 1, 2009, invited paper

Kim, J.-H.; Sam Ge, S.; Vadakkepat, P.; Jesse, N.; Al Mamun, A.; Puthusserypady, S.; Rückert, U.; Sitte, J.; Witkowski, U.; Nakatsu, R.; Braunl, Th.; Baltes, J.; Anderson, J.; Wong, C.-C.; Verner, I.; Ahlgren, D. (Editors): Advances in Robotics, Proceedings of the FIRA RoboWorld Congress 2009, Incheon, Korea, August 16–20, 2009, Springer Series: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5744, 2009, ISBN: 978-3-642-03982-9

Kim, J.-H.; Sam Ge, S.; Vadakkepat, P.; Jesse, N.; Al Mamun, A.; Puthusserypady, S.; Rückert, U.; Sitte, J.; Witkowski, U.; Nakatsu, R.; Braunl, Th.; Baltes, J.; Anderson, J.; Wong, C.-C.; Verner, I.; Ahlgren, D. (Editors): Progress in Robotics, Proceedings of the FIRA RoboWorld Congress 2009, Incheon, Korea, August 16–20, 2009. Springer Series: Communications in Computer and Information Science, Vol. 44, 2009, ISBN: 978-3-642-03985-0

Neuwinger, B.; Witkowski, U.; Rückert, U.: Ad-Hoc Communication and Localization System for Mobile Robots. In: Advances in Robotics, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5744/2009, pp. 220–229, August 2009, Springer

Herbrechtsmeier, S.; Witkowski, U.; Rückert, U.: BeBot: A Modular Mobile Miniature Robot Platform Supporting Hardware Reconfiguration and Multi-standard Communication. In: Progress in Robotics, Communications in Computer and Information Sci-

ence, Vol. 44, Proceedings of the FIRA RoboWorld Congress 2009, Incheon, Korea, August 16–20, 2009, pp. 346–356, Springer

Witkowski, U.; Sitte, J.; Herbrechtsmeier, S.; Rückert, U.: AMiRESot – A New Robot Soccer League with Autonomous Miniature Robots. In: Progress in Robotics, Communications in Computer and Information Science, Vol. 44, Proceedings of the FIRA RoboWorld Congress 2009, Incheon, Korea, August 16–20, 2009, pp. 332–345, Springer

Pormann, M.; Hagemeyer, J.; Pohl, C.; Romoth, J.; Strugholtz, M.: RAPTOR – A Scalable Platform for Rapid Prototyping and FPGA-based Cluster Computing. In Proceedings of the International Conference on Parallel Computing, ParCo2009, Symposium on Parallel Computing with FPGAs, Lyon, France, September 1–4, 2009

Dreesen, R.; Jungeblut, T.; Thies, M.; Pormann, M.; Rückert, U.; Kastens, U.: A Synchronization Method for Register Traces of Pipelined Processors. In Proceedings of the International Embedded Systems Symposium 2009 (IESS '09), Schloss Langenargen, Germany, September 14–16, pp. 207–217, 2009

Noé, R.; Rückert, U.; Hoffmann, S.; Pfau, T.; Peveling, R.; El-Darawy, M.; Al-Bermani, A.: Real-time Implementation of Digital Coherent Detection. In: Proceedings of the European Conference on Optical Communication (ECOC2009), Vienna, Austria, September 20–24, 2009

Amin, S.; Tanoto, A.; Witkowski, U.; Rückert, U.; Abdel-Wahab, M. S.: Effect of global position information in unknown world exploration – A case study using the Teleworkbench. In: Robotics and Autonomous Systems, Vol. 57, October 2009, pp. 1042–1047, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands, 2009

Loeb, H.-P.; Liß, C.; Rückert, U.; Sauer, C., UMAC – A Universal MAC Architecture for Heterogeneous Home Networks. In Proceedings of the International Workshop on Wireless and Optical Networks (WI-OPT 2009), Workshop at International Conference on Ultra Modern Telecommunications (ICUMT-2009), St.-Petersburg, Russia, October 12–14, 2009

Noé, R.; Rückert, U.; Hoffmann, S.; Pfau, T.; Peveling, R.: Realization of Digital Coherent Receivers. LEOS, Annual Meeting 2009, Belek-Antalya, Turkey, October 2009

Paiz, C.; Hagemeyer, J.; Pohl, C.; Pormann, M.; Rückert, U.; Schulz, B.; Peters, W.; Böcker, J.: FPGA-Based Realization of Self-Optimizing Drive-Controllers. In: Proceedings of the 35th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2009), pp. 2868–2873, Porto, Portugal, November 3–5, 2009

Blesken, M.; Rückert, U.; Steenken, D.; Witting, K.; Dellnitz, M.: Multiobjective Optimization for Transistor Sizing of CMOS Logic Standard Cells Using Set-Oriented Numerical Techniques. In: Proceedings of NORCHIP 2009, Trondheim, Norway, November 16–17, 2009

Paiz, C.; Pohl, C.; Radkowski, R.; Hagemeyer, J.; Pormann, M.: FPGA-in-the-Loop-Simulations for Dynamically Reconfigurable Applications. In Proc. of the 2009 Int. Conf. on Field-Programmable Tech-

nology (FPT'09), Sydney, Australia, December 9–11, 2009

Pohl, C.; Hagemeyer, J.; Porrmann, M.; Rückert, U.: Using a Reconfigurable Compute Cluster for the Acceleration of Neural Networks. In Proc. of the 2009 Int. Conf. on Field-Programmable Technology (FPT'09), Sydney, Australia, December 9–11, 2009

Pohl, P.; Paiz, C.; Porrmann, M.: vMAGIC – Automatic Code Generation for VHDL. In: International Journal of Reconfigurable Computing, Hindawi Publishing Corporation, Volume 2009, Article ID: 205149

Tanoto, A.; Rückert, U.; Witkowski, U.: Teleworkbench: A Teleoperated Platform for Experiments in Multi-Robotics. In: Tzafestas, S. G. (Editor) Web-Based Control and Robotics Education, Vol. 38, pp. 287–316. Springer Verlag, 2009

### Promotionen

Dr.-Ing. Tim Kaulmann

#### Ressourceneffiziente Realisierung Pulsodierter Neuroner Netze

Diese Arbeit befasst sich mit dem Entwurf ressourceneffizienter, d.h. flächen- und energieeffizienter pulscodierter neuronaler Netze und ihrer technischen Umsetzung in CMOS-Technologien. Dazu wird die von einer Nervenzelle bei der Informationsverarbeitung umgesetzte Energie mit einem auf einem Zustandsregler basierenden Modell des Ionentransports an einer Zellmembran abgeschätzt und als Maß für die erarbeiteten technischen Implementierungen herangezogen. Der Übergang zur technischen Umsetzung von Neuronen wird durch die Betrachtung eines elektrischen Neuronenmodells und der Ableitung wesentlicher Eigenschaften aus dem Modell geschaffen. Anschließend werden ressourceneffiziente Umsetzungen von pulsierenden Neuronen in digitaler und analoger Schaltungstechnik in CMOS-Technologien mit Strukturgrößen von 130nm und kleiner entworfen sowie hinsichtlich der benötigten Ressourcen und ihrer Eigenschaften bewertet. Es zeigt sich, dass die analoge Implementierung von pulsierenden Neuronen in einer 130nm CMOS-Technologie von allen technischen Umsetzungen die geringsten Ressourcen benötigt. Bei der Untersuchung der digitalen Umsetzungen der Neurone wird eine weitere Möglichkeit zur Reduktion der Verlustleistung gezeigt. Durch den Entwurf und Einsatz einer spezialisierten, digitalen Standardzellenbibliothek mit Elementen, die mit besonders niedriger Versorgungsspannung arbeiten, kann die Verlustleistung digitaler Implementierungen um Größenordnungen gegenüber herkömmlichen Ansätzen reduziert werden.

### Weitere Funktionen

- Sprecher des HNI-Graduiertenkollegs „Automatische Konfiguration in offenen Systemen“
- Vorstandsmitglied der Paderborner International Graduate School of Dynamic Intelligent Systems
- Mitglied im Beirat des C-LAB
- Mitglied im Beirat des L-LAB
- Mitglied im Beirat des PC<sup>2</sup> (Paderborn Center for Parallel Computing)
- Mitglied im Beirat des PaSCo (Paderborn Institute for Scientific Computation)
- Leiter der ITG Fachgruppe „Mikroelektronik neuronaler Netze“
- Adjunct Professor, Faculty of Information Technology, QUT, Brisbane, Australien

### Spin-offs

EvoPACE GmbH

Die EvoPACE GmbH unterstützt ihre Kunden bei der Entwicklung ressourceneffizienter Hardware-Software-Systeme. Als Entwicklungspartner bietet EvoPACE fundiertes Know-How in der Anwendung bzw. Neu- und Weiterentwicklung von Compilern, Prozessoren und anwendungsspezifischer Hardware und Software aus einer Hand.

### Aktuelle Forschungsprojekte

*Dynamisch rekonfigurierbare Hardware für Echtzeitanwendungen*

Im von der DFG im Rahmen des SFB 614 geförderten Transferprojekt TP5 „Dynamisch rekonfigurierbare Hardware für Echtzeitanwendungen“ werden die am Fachgebiet Schaltungstechnik entwickelten Verfahren zur dynamischen Hardware-Rekonfiguration in Kooperation mit der Paderborner Firma dSPACE für die industrielle Entwicklung mechatronischer Systeme nutzbar gemacht.

EASY-C

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes Easy-C werden in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus Industrie und Wissenschaft Schlüsseltechnologien für die nächste Generation von Mobilfunknetzen erforscht.

GUARDIANS

Dieses EU-Projekt hat zum Ziel, einen Verband autonom agierender Roboter zu entwickeln, der die Feuerwehr und andere Rettungskräfte bei Bränden in großen Gebäuden unterstützen kann. Neben der Fachgruppe Schaltungstechnik sind acht europäische Partner an dem Projekt beteiligt.

*Hardware-Rekonfiguration*

In diesem Projekt werden Prinzipien der Hardware-Rekonfiguration informationstechnischer Komponenten in selbstoptimierenden mechatronischen Systemen analysiert und umgesetzt. Das Projekt ist Teil des von der DFG geförderten Sonderforschungsbereiches 614.

*Informationstechnologie zur Spielanalyse und Trainingssteuerung in Sportarten*

In Kooperation mit dem Sportmedizinischen Institut (Prof. Weiß) der Universität Paderborn wird ein Analysesystem entwickelt, welches basierend auf physiologischen Daten der Sportler sowie einem Video-trackingssystem die spielerindividuelle Beurteilung der Beanspruchung in Sportarten ermöglicht.

MxMobile

In Kooperation mit der Fachgruppe „Programmiersprachen und Übersetzer“, Prof. Kastens, und weiteren Kooperationspartnern aus Industrie und Wissenschaft entwickeln wir im Rahmen dieses BMBF-Projektes einen ressourceneffizienten VLIW-Prozessor als Schlüsselkomponente für den Multiband-Multistandard-Betrieb von Mobilfunk-Terminals.

OMEGA – Home Gigabit Access

Das Fachgebiet Schaltungstechnik erforscht in Kooperation mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft im Projekt OMEGA des 7. Forschungsrahmens der EU die Medienkonvergenz ultrabreitbandiger Heimnetz-Technologien mit garantierten Qualitäten.

RTOS für selbstoptimierende Systeme

In Kooperation mit der Fachgruppe „Entwurf paralleler Systeme“, Prof. Rammig, entwickeln wir im

Rahmen des Sonderforschungsbereiches 614, Teilprojekt C2, ein Echtzeit-Kommunikations- und ein Echtzeit-Betriebssystem für verteilte selbstoptimierende Systeme.

RECS – Ressourceneffizienter Cluster-Server

Zielsetzung dieses in Kooperation mit dem Paderborn Center for Parallel Computing und der Christmann GmbH durchgeführten Projektes ist die Entwicklung eines Supercomputers für Mittelständler. Dabei werden neue Ansätze zum Aufbau von Server-Architekturen verfolgt, die mit hoher Energieeffizienz zu einer drastischen Senkung der Folgekosten beitragen. Das Projekt wird vom BMBF gefördert.

*Dynamisch rekonfigurierbare Systeme für den Einsatz im Weltraum*

Ionisierende Strahlung und enorme Temperaturschwankungen stellen eine große Herausforderung für die Informationsverarbeitung im Weltraum dar. Gefördert von der European Space Agency entwickeln wir in Kooperation mit Swiss Space Technology und der TWT GmbH ein FPGA-Modul, das den Austausch von Hardwarefunktionen im Betrieb unter Weltraumbedingungen ermöglicht. Dadurch können während einer Mission nicht nur Funktionen ausgetauscht, sondern auch neue Funktionen geladen werden. Das hohe Strahlungsniveau im Weltraum erfordert dabei den Einsatz spezieller Verfahren zur Erhöhung der Robustheit.

*Photonenzählender Hochgeschwindigkeitsdetektor für die Laser-Raster Mikroskopie*

Ziel des in Kooperation mit den Firmen LaVision Biotec GmbH und Surface Concept GmbH durchgeführten Projektes ist die Erarbeitung einer neuartigen Detektionstechnik zur Erforschung lebender Zellverbände mit höchster, dreidimensionaler Ortsauflösung. Das zu realisierende Messsystem basiert auf der hochgenauen Messung von Fluoreszenzabklingzeiten mit Hilfe FPGA-basierter Auswerteeinheiten. Das Projekt wird vom BMBF gefördert.

### Aktuelle Industriekooperationen

Infineon Technologies AG, München

Entwicklung eines Kontrollprozessors für eine Multi-processor-System-on-Chip-Architektur.

Comneon GmbH, Nürnberg

Entwicklung von SoC-Architekturen für Empfängerstrukturen in zukünftigen Mobilfunksystemen.

### Wissenschaftliche Kooperationen

Autonome Miniroboter in Forschung und Lehre

In Kooperation mit der Ain Shams Universität Kairo entwickeln wir eine Plattform für Multi-Roboter-Experimente, die weltweit über das Internet nutzbar ist.

DRESD – Dynamic Reconfigurability in Embedded Systems Design

In Kooperation mit dem Politecnico di Milano werden neue Methoden für den effizienten Einsatz dynamischer Rekonfiguration in eingebetteten Systemen entwickelt.

*Dynamisch rekonfigurierbare Hardware in autonomen Systemen*

In Kooperation mit Professor Wayne Luk vom Imperial College, London, werden die Einsatzmöglichkeiten für dynamisch rekonfigurierbare Hardware in mobilen autonomen Systemen analysiert.

# Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

## Ressourceneffizienter Funktionsapproximator für autonome Systeme

In Kooperation mit Professor Joaquin Sitte, Queensland University of Technology, Australien, wird in analoger Schaltungstechnik ein mikroelektronischer Baustein zur ressourceneffizienten Implementierung eines Funktionsapproximators für autonome Systeme realisiert.

## Ultra-Low-Power Schaltungstechnik

In Kooperation mit Professor Snorre Aunet, Universität Oslo, entwickelt das Fachgebiet Schaltungstechnik robuste nanoelektronische Ultra-Low-Power Schaltungen in CMOS Technologie.

## Publikationen

Rustemeier, C.; Trächtler, A.: RailCab – Ein innovatives Schienenverkehrssystem für die Mobilität von morgen. Ingenieurspiegel, Ausgabe 02/2009, Bingen, Mai, 2009, S. 47–49

Reinold, P.; Nachtigal, V.; Jäker, K.-P.; Trächtler, A.: Control Strategy for the Lateral and Longitudinal Dynamics of a Fully Active X-by-wire Test Vehicle. Proceedings of the European Control Conference 2009 (ECC), Budapest, Hungary, August 23–26, 2009

Geisler, J.; Trächtler, A.: Control of the Pareto Optimality of Systems with Unknown Disturbances. 7th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA 2009), Christchurch, New Zealand, December 9–11, 2009

Just, V.; Çinkaya, H.; Trächtler, A.; Landwehr, M.: Prototypische Applikation einer Vereinzelnungsregelung an einem Bankautomaten. VDI-Fachtagung "Mechatronik 2009", Wiesloch, 12.–13. Mai, 2009

Koert, D.; Löffler, A.; Zeineldin, T.; Trächtler, A.: Echtzeitsimulation für den modellbasierten Steuergerätestest von Haushaltsgeräten. 6. Paderborner Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“ (EMS 2009), Paderborn, März, 2009

Zeineldin, T.; Koert, D.; Löffler, A.; Trächtler, A.: Entwicklung einer Hardware-in-the-Loop-Umgebung für den Steuergerätestest von Kondensatorknern. VDI-Fachtagung „Mechatronik 2009“, Wiesloch, 12.–13. Mai, 2009

Bruns, T.; Trächtler, A.: Kreuzungsmanagement: Trajektorienplanung mittels dynamischer Programmierung. Automatisierungstechnik, Jahrgang 57, Heft 5, München, 2009

Trächtler, A.: Fahrdynamische Regelungen und Fahrzeugführung, Automatisierungstechnik, Jahrgang 57, Heft 5, München 2009

Sondermann-Wölke, C.; Geisler, J.; Hirsch, M.; Hemsel, T.: Verlässlichkeit im aktiven selbstoptimierenden Spurführungsmodul eines schienengebundenen Fahrzeugs. Entwurf mechatronischer Systeme, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 250, Paderborn, 2009, S. 231–243

Krüger, M.: Parametrische Modellreduktion für selbstoptimierende mechatronische Systeme. Tagungsband GMA-Fachausschuss 1.30 – Modellierung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik, Anif, Salzburg, September, 2009

Klöpper, B.; Sondermann-Wölke, C.; Romas, C.; Vöcking, H.: Probabilistic Planning Integrated in a Multi-level Dependability Concept for Mechatronic Systems. IEEE-CICA 2009, Nashville, USA, 2009

Osmic, S.: Flachheitsbasierte Reglerumschaltstrategie für Ein- und Mehrgrößensysteme. 43. Regelungstechnisches Kolloquium, Boppard, 25.–27. Februar, 2009

Ober-Blöbaum, S.; Timmermann, J.: Optimal Control for a Pitcher's Motion Modeled as Constrained Mechanical System. ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE, August 30–September 2, 2009, San Diego, USA

## Promotionen

Dr.-Ing. Erika Schäfer

### Modular-hierarchische, modellbasierte Entwicklung und Optimierung einer Regelung für eine aktive Federung

Der wachsende Anspruch an Komfort und Dynamik moderner Fahrzeuge erfordert einen verstärkten Einsatz komplexer Technik. Die kontinuierliche Weiterentwicklung beruht auf dem ständig wachsenden Verständnis der Ingenieure für das komplexe Zusammenwirken der Fahrwerkelemente. Durch den Einsatz aktiver Elemente im Fahrzeug ergibt sich ein größeres Spektrum an Auslegungsmöglichkeiten und damit ein Gewinn an Komfort und Sicherheit. In dieser Arbeit ist der gesamte Entwicklungszyklus des neuen aktiven Federungssystems geschildert. Die Entwicklung erfolgt sukzessive, beginnend mit der Formulierung der Aufgabenstellung über den rechnergestützten Entwurf der Aktorik, der Identifizierung des gesamten Systems und der modellbasierten Auslegung der hierarchisch angeordneten Regelung bis hin zur Inbetriebnahme im Zielfahrzeug. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt in einer strukturierten Auslegung der Regelung. Der Regelungsalgorithmus bietet ein hohes Maß an Transparenz und beinhaltet eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Anpassung der Reglerstruktur an mögliche Änderungen des Systems.

## Weitere Funktionen

- Studiendekan
- Projektleiter RailCab
- Vorstand des L-LAB
- Mitglied der Graduate School on Dynamic Intelligent Systems
- Mitglied im IFAC TC 7.1 Automotive Control
- Leiter des VDI/VDE GMA Fachausschusses 7.62 (Steuerung und Regelung von Kraftfahrzeugen und Motoren)
- Mitarbeit in den VDI/VDE GMA Fachausschüssen 1.30 (Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik), 1.40 (Theoretische Verfahren der Regelungstechnik), 4.15 (Mechatronik), 7.61 (Automatisierung für Schienenverkehrssysteme)

## Messen, Tagungen, Seminare

Hannover Messe 2009  
20.–24. April 2009

Motek 2009 – Stuttgart  
21.–24. September 2009

rail2009  
9.–11. November 2009, Westfalenhallen, Dortmund

Basisseminar Virtual Prototyping & Simulation „Herausforderung Mechatronikentwicklung“  
13. November 2009, Heinz Nixdorf Institut, Paderborn

## Aktuelle Forschungsprojekte

SFB 614 Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus:

Beteiligung an den Teilprojekten C3: OCM–Architektur für selbstoptimierende Regelungen, D1: Selbstoptimierende Funktionsmodule und D2: Vernetzte selbstoptimierende Module und Systeme. Ziel sind die Entwicklung und Realisierung selbstoptimierender mechatronischer Systeme in Hardware und Software und der Test der im SFB 614 gewon-

nenen Erkenntnisse, Methoden und Verfahren an anspruchsvollen Beispielen.

*Förderinstitution: DFG*

**SFB 614 Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus:**

Im Transferprojekt T3 sollen Ergebnisse aus den Teilprojekten C3 und D2 auf industrierelevante Problemstellungen übertragen werden. Als Anwendungsbeispiel dient die automatische Parameteridentifikation des modularisierten Modells eines Dieselveerbrennungsmotors.

*Förderinstitution: DFG*

**Aktives Fahrwerk für ein schweres Geländefahrzeug:**

Entwicklung und Entwurf eines aktiven Federungs-systems für ein geländegängiges Radfahrzeug; Modellgestützte Optimierung der Fahrwerksabstimmung und Aktorik, bestehend aus reversierbaren Flügelzellenpumpen und Gleichlauf-HP-Zylindern; Entwurf und Optimierung der Fahrzeugregelung am Modell, Erprobung der Aktorik und Regler am Prüfstand; anschließend Einbau in ein Testfahrzeug und Fahrerprobung.

*Förderinstitution: Bundeswehr*

**Aktive und semiaktive Federung eines leichten Kettenfahrzeugs:**

Inhalte des Projektes sind die Modellierung, Reglersynthese, Simulation, Konstruktion und Realisierung eines aktiven Fahrwerks mit Geländetauglichkeit.

*Projektpartner: Bundeswehr*

**RailCab - Neue Bahntechnik Paderborn:**

Verbundprojekt zur Entwicklung eines innovativen Bahnsystems, das moderne Fahrwerkstechnologien mit dem fortschrittlichen Antrieb durch verschleißfreie Linearmotortechnik unter Nutzung der bestehenden Bahntrassen vereint.

*Förderinstitution: Universität Paderborn*

**Ride-Comfort Modelling for HiL Simulations of Automotive ECUs:**

Automatische Generierung echtzeitfähiger Bewegungsgleichungen höherfrequenter Komfortfunktionen von Pkw für Hardware-in-the-Loop-Simulationen. Das Ziel der Forschung ist die Vereinfachung der Steuergeräteapplikation durch Erweiterung der Modellierungstiefe in einem frühen Stadium der Steuergeräteentwicklung.

*Förderinstitution: International Graduate School*

**Chamäleon:**

Mechatronischer Entwurf und Realisierung eines elektrischen, vollaktiven X-by-Wire-Versuchsfahrzeugs „Chamäleon“. Das Fahrzeug soll als Demonstrator für die Vernetzung von Fahrdynamikregelsystemen sowie der Erprobung neuer Entwicklungsmethoden und Werkzeuge dienen.

*Förderinstitution: internes Projekt*

**Parallelroboter TriPlanar**

Weiterentwicklung des Roboters zu einer flexiblen Arbeitsplattform für 6-DOF Positionier-, Mess- und Fertigungsaufgaben: Das System dient zudem der Untersuchung einer modellbasierten Kalibrierung mittels Selbstoptimierung. Ziel ist die Identifikation fertigungs- und montagebedingter Geometriefehler. Mit Kenntnis dieser Fehler sind eine effiziente, realitätsnahe mathematische Beschreibung der TriPlanar-Kinematik und somit die Erhöhung der Positioniergenauigkeit möglich.

*Förderinstitution: internes Projekt*

**Aktuelle Industriekooperationen**

**Energiemanagement für Kraftfahrzeuge:**

Gegenstand der Forschung sind die Simulation der Energieflüsse im Kfz sowie die Optimierung des Energiemanagements. Ziel des Projekts ist die Ermittlung des Einsparpotenzials beim Primärenergiebedarf bzw. den CO<sub>2</sub>-Emissionen von Kraftfahrzeugen.

*Förderinstitution: Volkswagen AG*

**Modellbildung Papiertransport:**

Ziel ist die Erforschung der physikalischen Vorgänge beim Transport und beim Vereinzeln von Banknoten mit Hilfe eines speziellen Prüfstands und deren Modellierung als Mehrkörpersystem (MKS).

*Förderinstitution: Wincor Nixdorf AG*

**Modellbildung Trockenprozess:**

Ein Projekt zur Untersuchung und Simulation des Trocknungsprozesses eines Wäschetrockners. Insbesondere wird die Modellierung des Bewegungsverhaltens der Wäsche in Kombination mit den thermodynamischen Prozessen und dem System Wäschetrockner betrachtet.

*Förderinstitution: Miele & Cie. KG*

**Hardware-in-the-Loop-Prüfstand für Waschautomatensteuergeräte:**

Die wichtigste Komponente des HiL-Prüfstandes ist das physikalische Modell eines Waschautomaten, bestehend aus thermodynamischen, fluidmechanischen und mechanischen Teilsystemen. Auf einer Echtzeithardware wird der Waschautomat simuliert und über die Sensor- und Aktorsignale mit dem Steuergerät gekoppelt, d. h. die Gleichungen des Waschautomaten-Modells müssen in Echtzeit gelöst werden. Für das Steuergerät verhält sich die virtuelle Waschmaschine auf der Echtzeithardware genauso wie eine reale Waschmaschine; Steuergerätestests sind damit erheblich einfacher durchzuführen.

*Förderinstitution: Miele & Cie. KG*

# Fachgruppe Paralleles Rechnen

Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien

## Publikationen

Henning Meyerhenke, Burkhard Monien, Stefan Schamberger: Graph Partitioning and Disturbed Diffusion, To appear in Parallel Computing

Matthias Kirschner, Philipp Schengbier, Tobias Tscheuschner: Speed-Up Techniques for the Selfish Step Algorithm in Network Congestion Games, Proceedings of the 8th International Symposium on Experimental Algorithms (SEA'09), Dortmund, Springer LNCS 5526, Seiten 173–184, 2009

Dominic Dumrauf, Burkhard Monien, Karsten Tie-mann: Multi-Processor Scheduling is PLS-Complete, Proc. of 42st Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS-42 2009), Proceedings (CD-ROM and online), 5–8 January 2009, Waikoloa, Big Island, HI, USA, (HICSS'09), Seite 269, IEEE Computer Society, 2009

Yvonne Bleischwitz, Burkhard Monien: Fair Cost-Sharing Methods for Scheduling Jobs on Parallel Machines, Journal of Discrete Algorithms, Volume 7, Issue 3, Seiten 280–290, 2009 (Special Issue on the 6th Italian Conference on Algorithms and Complexity CIAC 2006)

Dominic Dumrauf, Burkhard Monien: On the Road to PLS-Completeness: 8 Agents in a Singleton Congestion Game, Proc. of the 4th International Workshop On Internet And Network Economics (WINE'08), LNCS 5385, Seiten 94–108, 2009

Florian Schoppmann: The Power of Small Coalitions in Cost Sharing, Proceedings of the 4th International Workshop on Internet and Network Economics (WINE'08), LNCS 5385, Seiten 665–674, 2009

Henning Meyerhenke, Burkhard Monien, Thomas Sauerwald: A New Diffusion-based Multilevel Algorithm for Computing Graph Partitions of Very High Quality, Proc. 22nd IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'08) and Journal of Parallel and Distributed Computing, 69(9), Seiten 750–761, 2009

Robert Elsässer, Thomas Sauerwald: On the Runtime and Robustness of Randomized Broadcasting, Theoretical Computer Science, 410, Seiten 3414–3427, 2009

Robert Elsässer, Thomas Sauerwald: Cover Time and Broadcast Time, Proc. of the 26th International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS'09), Seiten 373–384, 2009

## Patente, Preise, Auszeichnungen

Wahl zum Präsidenten der EATCS, d.h. der "European Association for Theoretical Computer Science"

## Weitere Funktionen

- Präsident der „European Association for Theoretical Computer Science“ (EATCS)
- Sekretar der Klasse für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften der „Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste“
- Mitglied des „acatech (Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften)“
- Mitglied der „Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste“
- Assoziiertes Mitglied des HNI-Vorstands
- Mitglied des Vorstands des „Paderborn Center for Parallel Computing“ (PC<sup>2</sup>)
- Mitglied des Vorstands der „Graduate School on Dynamic Intelligent Systems“
- Mitglied des Vorstands des „Paderborn Institute for Scientific Computation“ (PaSCo)

## Aktuelle Forschungsprojekte

DFG-Schwerpunktprogramm 1307 „Algorithm Engineering“

Teilprojekt: „Disturbed Diffusion for Partitioning and Clustering Graphs“

Forschungsgebiet: Graph-Partitionierung, Lastbalancierung, Graph-Clustering.

EU-Project „AEOLUS - Algorithmic Principles for Building Efficient Overlay Computers“ (FP6-015964)

The objectives of the Integrated Project AEOLUS are:

1. To identify and study the important fundamental problems and investigate the corresponding algorithmic principles related to overlay computers running on global computers.
2. To identify the important functionalities such an overlay computer should provide as tools to the programmer, and to develop, rigorously analyze and experimentally validate algorithmic methods that can make these functionalities efficient, scalable, fault-tolerant, and transparent to heterogeneity.
3. To provide improved methods for communication and computing among wireless and possibly mobile nodes so that they can transparently become part of larger Internet-based overlay computer.
4. To implement a set of functionalities, integrate them under a common software platform (the Overlay Computer Platform) in order to provide the basic primitives of an overlay computer, as well as build sample services on this overlay computer, thus providing a proof-of-concept for our theoretical results. Partner: Centre National de la Recherche Scientifique CNRS (F), Universita di Roma „La Sapienza“ (I), Computer Science Institute in Patras (GR), Telecom Italia Learning Services S.p.A. (I), Universita degli studi di Salerno (I), Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken (D), University of Ioannina (GR), Universite de Geneve (CH), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (D), Universita degli studi di Roma „Tor Vergata“ (I), Universitat Polytechnica de Catalunya in Barcelona (E), National and Kapodistrian University of Athens (GR), Universita degli studi di Padova (I), Eidgenössische Technische Hochschule Zuerich (CH), Katholieke Universiteit Leuven (B), Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (F), University of Cyprus (CY), Univerzita Karlova v Praze (CZ), Cybernetica AS (Estonia).

## Aktuelle Industriekooperationen

„Einsatz von Operations Research Verfahren in der Flugplanung“

Auftraggeber: Lufthansa Systems

# Fachgruppe Softwaretechnik

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

## Publikationen

Priesterjahn, C.; Tichy, M.: Modeling Safe Reconfiguration with the FUJABA Real-Time Tool Suite. tech. rep., Eindhoven University of Technology, The Netherlands, November 2009. accepted

von Detten M.; Platenius, M. C.: Improving Dynamic Design Pattern Detection in Reclipse with Set Objects. In: Proceedings of the 7th International Fujaba Days (Pieter Van Gorp, ed.), (Eindhoven University of Technology, The Netherlands), pp. 15–19, November 2009. accepted

Eckardt, T.; Henkler, S.: Synthesis of Component Behavior. In: Proceedings of the 7th International Fujaba Days (Pieter Van Gorp, ed.), (Eindhoven University of Technology, The Netherlands), pp. 1–5, November 2009. accepted

Heinzemann, C.; Henkler, S.; Zündorf, A.: Specification and Refinement Checking of Dynamic Systems. In: Proceedings of the 7th International Fujaba Days (Pieter Van Gorp, ed.), (Eindhoven University of Technology, The Netherlands), pp. 6–10, November 2009. accepted

Henkler, S.; Breit, M.; Brink, C.; Böger, M.; Brenner, C.; Bröker, K.; Pohlmann, U.; Richtermeier, M.; Suck, J.; Travkin, O.; Priesterjahn, C.: FRITSCab: Fujaba Re-Engineering Tool Suite for Mechatronic Systems. In: Proceedings of the 7th International Fujaba Days (Pieter Van Gorp, ed.), (Eindhoven University of Technology, The Netherlands), pp. 25–29, November 2009. accepted

Priesterjahn, C.: Hazard Analysis of Self-Optimizing Mechatronic Systems. In: Proc. of the Doctoral Symposium of the 7th joint meeting of the European Software Engineering Conference (ESEC) and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (FSE) August 24–28 2009 Amsterdam, The Netherlands, August 2009

Gausemeier, J.; Schäfer, W.; Greenyer, J.; Kahl, S.; Pook, S.; Rieke, J.: Management of Cross-Domain Model Consistency During the Development of Advanced Mechatronic Systems. In: Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design (ICED09) (Margareta Norell Bergendahl, Martin Grimheden, and Larry Leifer, eds.), vol. 6, (University of Stanford, CA, USA), pp. 1–12, Design Society, August 2009

Henkler, S.; Greenyer, J.; Hirsch, M.; Schäfer, W.; Alhawash, K.; Eckardt, T.; Heinzemann, C.; Löffler, R.; Seibel, A.; Giese, H.: Synthesis of Timed Behavior From Scenarios in the Fujaba Real-Time Tool Suite. In: Proc. of the 31th International Conference on Software Engineering (ICSE), Vancouver, Canada, pp. 615–618, May 2009

Sondermann-Wölke, C.; Geisler, J.; Hirsch, M.; Hessel, T.: Verlässlichkeit im aktiven selbstoptimierenden Spurführungsmodul eines schienengebundenen Fahrzeugs. In: Proc. of the Sixth Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, HNI-Verlagsschriftenreihe, April 2009

Bimmermann, C.: Ansatz für ein durchgängiges Variantenmanagement in der automobilen Steuergeräteentwicklung. In: SE 2009 – Workshopband, Workshop Produkt-Variabilität im gesamten Lebenszyklus (PVLZ 2009), (Kaiserslautern, Germany), GI, April 2009

Giese, H.; Wagner, R.: From model transformation to incremental bidirectional model synchronization. Software and Systems Modeling (SoSyM), vol. 8, pp. 21–43, February 2009. Online First. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10270-008-0089-9>

Axenath, B.; Sudmann, O.: Project Planning Support by Model Checking. In: Proceedings of INFORMATIK 2009 - Im Focus das Leben. Workshop Modellierung und Beherrschung der Komplexität. (Stefan Fischer, Erik Maehle, and Rüdiger Reischuk, eds.), vol. 154 of LNI, p. 412, Köllen Druck+Verlag GmbH, 2009

Adelt, P.; Donoth, J.; Gausemeier, J.; Geisler, J.; Henkler, S.; Kahl, S.; Klöpffer, B.; Krupp, A.; Münch, E.; Oberthür, S.; Paiz, C.; Podlogar, H.; Pormann, M.; Radkowski, R.; Romaus, C.; Schmidt, A.; Schulz, B.; Vö, H.; Witkowski, U.; Witting, K.; Znamenshchikov, O.: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus – Definitionen, Anwendungen, Konzepte., vol. Band 234. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 2009

Dell'Aere, A.; Hirsch, M.; Klöpffer, B.; Koester, M.; Krüger, M.; Krupp, A.; Müller, T.; Pook, S. O. S.; Priesterjahn, C.; Romaus, C.; Schmidt, A.; Sondermann-Wölke, C.; Tichy, M.; Vöcking, H.; Zimmer, H.: Verlässlichkeit selbstoptimierender Systeme – Potenziale nutzen und Risiken vermeiden., vol. Band 235. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 2009

Meyer, J.; Schäfer, W.: Automatische Analyse und Generierung von AUTOSAR -Konfigurationsdaten. In: Proc. of the Dagstuhl-Workshop: Model-Based Development of Embedded Systems (MBEES), 22.–24.4.2009, Schloss Dagstuhl, Germany (tba., ed.), Informatik-Bericht, (Technische Universität Braunschweig), 2009

H. C., B.; de, R.; Giese, H.; Inverardi, P.; Magee, J.; Andersson, J.; Becker, B.; Bencomo, N.; Brun, Y.; Cukic, B.; Di Marzo, G.; Dustdar, S.; Finkelstein, A.; Gacek, C.; Geihi, K.; Grassi, V.; Karsai, G.; Kienle, H. M.; Kramer, J.; Litoiu, M.; Malek, S.; Mirandola, R.; Müller, H. A.; Park, S.; Shaw, M.; Tichy, M.; Tivoli, M.; Weyns, D.; Whittle, J.: Software Engineering for Self-Adaptive Systems: A Research Roadmap. In: Software Engineering for Self-Adaptive Systems (Betty H. C. Cheng, Rogério de Lemos, Holger Giese, Paola Inverardi, and Jeff Magee, eds.), vol. 5525 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 1–26, Springer, 2009

Priesterjahn, C.; Tichy, M.; Henkler, S.; Hirsch, M.; Schäfer, W.: Fujaba4Eclipse Real-Time Tool Suite. In: Model-Based Engineering of Embedded Real-Time Systems (MBEERTS), LNCS, pp. 1–7, Springer, 2009. accepted

## Promotionen

Dr. Matthias Tichy

### Gefahrenanalyse selbstoptimierender Systeme

Selbstoptimierende, mechatronische Systeme können ihr Verhalten in Reaktion auf Änderung der Umgebung oder der Ziele anpassen und somit diese Ziele besser als herkömmliche mechatronische Systeme erfüllen. Da selbstoptimierende Systeme oftmals in sicherheitskritischen Systemen eingesetzt werden, muss bei der Entwicklung ein besonderer Schwerpunkt auf die Sicherheit gelegt werden. In dieser Arbeit wird eine Gefahrenanalyse für selbstoptimierende Systeme vorgestellt, die speziell auf die Eigenschaften dieser Systeme, im Besonderen die Verhaltensanpassung durch Struk-

turrekonfiguration, zugeschnitten ist. Die Gefahrenanalyse unterstützt qualitative und quantitative Analysen. So können beispielsweise die beste und schlechteste Strukturkonfiguration in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Gefahren, aber auch alle Konfigurationen berechnet werden, welche geforderten Wahrscheinlichkeiten einhalten. Grundlage dieser Gefahrenanalyse für selbstoptimierende Systeme ist eine geeignete Spezifikation der Struktur und deren Rekonfiguration. Die hierfür entwickelte Spezifikationsprache nutzt Graphtransformationen, um visuell die Transformation einer Strukturkonfiguration in eine andere Konfiguration zu modellieren.

Dr. Robert Wagner

### Inkrementelle Modellsynchronisation

Die modellbasierte Softwareentwicklung wird als ein viel versprechender Ansatz angesehen, um die Softwarequalität zu erhöhen und gleichzeitig den Entwicklungsaufwand sowie die damit verbundenen Kosten zu reduzieren. Hierzu wird das zu entwickelnde Softwaresystem mit unterschiedlichen Modellen beschrieben. Ein Problem dabei ist, dass sich die unterschiedlichen Modelle in ihrem Informationsgehalt überlappen und die Überlappungen zu widersprüchlichen Aussagen über das Softwaresystem führen können. Um ein fehlerfreies Softwaresystem zu erhalten, müssen die Widersprüche zwischen den Modellen beseitigt werden, d.h., die Modelle müssen miteinander abgeglichen werden. In dieser Dissertation wird ein Ansatz zur automatischen Modellsynchronisation vorgestellt. Die Modellsynchronisation gleicht in Beziehung stehende Modelle miteinander ab und löst damit vorhandene Widersprüche zwischen den Modellen automatisch auf. Die Modellsynchronisation kann dabei sowohl vollständig in einem einzigen Schritt, als auch Schritt für Schritt, d.h., inkrementell, durchgeführt werden. Damit ist dieser Ansatz auch für große Modelle geeignet. Darüber hinaus werden in dieser Arbeit eine Methode und dazugehörige Softwarewerkzeuge zur modellbasierten und automatisierten Entwicklung von Modellsynchronisationswerkzeugen vorgestellt. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz ist dabei nicht auf die Modellsynchronisation beschränkt. Eignet sich ebenso zur Modellintegration, Modelltransformation und Codegenerierung. Mit der prototypischen Realisierung der in dieser Arbeit dargestellten Konzepte konnte anhand verschiedener Beispiele und durchgeführter Leistungsmessungen gezeigt werden, dass die inkrementelle Modellsynchronisation auch bei großen Modellen effizient durchführbar ist.

## Messen, Tagungen, Seminare

Präsentation des Projekts „Zukunftsmeile“ der Universität Paderborn auf der Hannover Messe am 20. April 2009

Mitglied des Programmkomitees der folgenden Tagungen:

Software Engineering 2009 (SE09), Kaiserslautern 2.–6. März 2009  
<http://www.se2009/de>

6. Paderborner Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“, Paderborn 2.–3. April 2009  
<http://www.whni.uni-paderborn.de/ems2009>

31th International Conference on Software Engineering (ICSE09), Vancouver, Canada, 16.–24. Mai 2009  
<http://www.cs.uoregon.edu/events/icse2009/home>

The 7th joint meeting of the European Software Engineering Conference (ESEC) and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (FSE)  
 24.–28. August 2009, Amsterdam, The Netherlands  
<http://www.esec-fse-2009.ewi.tudelft.nl>

ICAT 2009 - XXII International Symposium Information, Communication and Automation Technologies, 29.–31. Oktober 2009, Sarajevo  
<http://icat.etf.unsa.ba>

CEE-SET (IFIP Central and Eastern European Conference on Software Engineering Techniques)  
 12.–14. Oktober 2009, Krakow, Polen  
<http://www.cce-set.agh.edu.pl>

7th International Fujaba Days, Eindhoven, The Netherlands  
 16.–17. November 2009  
<http://is.tm.tue.nl/staff/pvgorp/events/fujaba-days2009>

Software Engineering 2010 (SE109), Paderborn  
 22.–26. Februar 2010  
<http://www.se2010.upb.de>

32th International Conference on Software Engineering (ICSE2010), Cape Town, Südafrika  
 2.–8. Mai 2010  
<http://www.sbs.co.za/ICSE2010>

### Patente, Preise, Auszeichnungen

#### IBM Innovation Award

Das Fachgebiet Softwaretechnik wurde 2009 für den mit 18.000 US\$ dotierten IBM Real-time Innovation Award ausgewählt, der für herausragende Forschungsprojekte auf der Grundlage der Verwendung von Real-Time-Technologie in Forschung und Lehre vergeben wird.

### Weitere Funktionen

- Vizepräsident für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs
- Mitglied im DFG Fachkollegium Informatik, Fach Softwaretechnologie
- Chair der International Graduate School „Dynamic Intelligent Systems“
- Sprecher des PACE-Instituts (Paderborn Institute for Advanced Studies)
- Stellvertreter Sprecher des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“
- Stellv. Vorsitzender des Vorstandes der InnovationsAllianz der Hochschulen NRW. e.V.
- Mitglied der Fachkommission Informatik der ASIIN
- Gutachter für die DFG, Christian-Doppler-Gesellschaft, NSERC (Kanada)
- Mitherausgeber Software Process Improvement and Practice, Wiley
- Mitherausgeber IEEE Transactions on Software Engineering
- Geschäftsführer der Zukunftsmeile Fürstenallee Projektentwicklungsgesellschaft mbH

### Spin-Offs

#### Büro für Softwaretechnik

Das Büro für Softwaretechnik bietet umfangreiche und innovative Dienstleistungen rund um die Eclipse-Plattform an. Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Entwicklung individueller, domänenspezifischer Anwendungen sowie aufeinander abgestimmter Werkzeugketten zur modellbasierten Softwareentwicklung.  
[www.wagner-gt.de](http://www.wagner-gt.de)

### Aktuelle Forschungsprojekte

#### Sonderforschungsbereich 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“

Transferprojekts T2 „Hybride Modellierung – Integration hybrider Modellierungs- und Validierungstechniken in CAMEL-View“  
 Im Rahmen des Transferprojekts wird in Zusammenarbeit mit der Firma iXtronics GmbH eine Modellierungssprache für diskretes Echtzeitverhalten auf Basis der Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs in das Werkzeug CAMEL-View integriert. Dies beinhaltet auch die Entwicklung einer Codesynthese sowie einer Simulation der Modelle.  
 Förderinstitution: DFG

#### RailCab – Neue Bahntechnik Paderborn:

Verbundprojekt zur Entwicklung eines innovativen Bahnsystems, das moderne Fahrwerkstechnologien mit dem fortschrittlichen Antrieb durch verschleißfreie Linearmotortechnik unter Nutzung der bestehenden Bahntrassen vereint. Schwerpunkt der Aktivitäten: Entwicklung der Software für die Koordination und Kommunikation.  
 Förderinstitutionen: Universität Paderborn

#### Tempus Projekt Nr. 41023

Im Mittelpunkt steht die Gründung von Kompetenzzentren für die Softwareentwicklung an den kroatischen Universitäten in Zagreb, Osijek und Split, sowie die Qualitätssicherung und -verbesserung der Studiengänge durch den Austausch von Lehrkräften, Doktoranden und Diplomanden und die Kooperation in nationalen und EU-Forschungsprojekten. Im Speziellen wird eine gemeinsame Lehrveranstaltung der Universitäten Zagreb, Mälardalen und Paderborn durchgeführt.  
 Förderinstitution: EU

#### Projekt UML for automotive systems

Die meisten Innovationen in modernen Fahrzeugen werden heutzutage durch Software realisiert, beispielsweise in Fahrerassistenzsystemen. Die jetzige Entwicklungsmethode ist aber dem steigenden Anteil der Software und ihrer Komplexität nicht mehr gewachsen. Angesichts dieser Entwicklungen werden neue Entwicklungsmethoden benötigt, die Lösungen für diese Problematik anbieten. Daran arbeiten das Fachgebiet Softwaretechnik und das Software Quality Lab in enger Kooperation mit dem weltweit agierenden Automobilzulieferer Hella KGaA Hueck & Co. aus Lippstadt.  
 Förderinstitution Hella KGaA Hueck & Co.

#### Entwicklung eines applikationsübergreifenden Variantenmanagementkonzeptes

Ziel der Arbeit ist es, aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich des Software-Engineering zu nutzen, um Varianten formal zu definieren. Solch eine formale Definition soll es verschiedenen Software-Werkzeugen erlauben, im Entwicklungsprozess anfallende Artefakte inklusive ihrer Varianten zu modellieren und zu verwalten. Die einheitliche

Formalisierung des Variantenbegriffs soll außerdem eine werkzeugübergreifende Modellierung von Variantenabhängigkeiten und Fahrzeugkonfiguration ermöglichen.

#### WUS-Austria: Degree Development Structure: PhD in ICT in Bosnien Herzegowina

Das Projektziel ist die Entwicklung eines Konzepts für das strukturierte PhD-Studium im ICT-Bereich an der Universität Banja Luka, in Bosnien und Herzegowina. Im Rahmen des Projekts wird die Universität Banja Luka bei der Kursentwicklung im ICT-Bereich unterstützt. Des Weiteren finden Dozentenschulungen, die Entwicklung von gemeinsamen Forschungsprojekten im ICT-Bereich und ein Doktoranden- und Dozentenaustausch statt.  
 Förderinstitution: Austrian Development Agency (ADA)

#### EURECA-Projekt

Ziel des Projekts ist die Bildung eines euroasiatischen akademischen Mobilitätsnetz für das Erreichen von hervorragender Leistung in der Forschung, im Technologietransfer und in der Lehre, die für den sozialen und technologischen Fortschritt und den beiderseitigen Nutzen der asiatischen Länder Indien, Pakistan und Sri Lanka sowie der EG wesentlich sind. Projekt wird in an Mälardalen Universität (Schweden) koordiniert und besteht aus 16 vernetzten Bildungseinrichtungen.  
 Förderinstitution: EU

#### SPES 2020: Innovationsallianz „Software Plattform Embedded Systems 2020“

Im Rahmen der nationalen Innovationsallianz „Software Plattform Embedded Systems 2020“ werden Lösungen für die branchenübergreifende und modellbasierte Entwicklung von eingebetteter Software erarbeitet. Das Fachgebiet Softwaretechnik ist an den folgenden Arbeitspaketen beteiligt: AU-AP3: Frühe formale Spezifikation und Analyse automotiver Systeme; ZP-AP1: Ganzheitliche und durchgängige modellbasierte Entwicklung von heterogenen eingebetteten Systemen inklusive Prozess- und Werkzeugintegration; ZP-AP2: Modellbasiertes Requirements Engineering für Embedded Systems; ZP-AP3: Modellbasierte Architekturentwicklung  
 Förderinstitution: BMBF

#### Entwurfstechnik Intelligente Mechatronik (ENTIME)

Im Rahmen von ENTIME will die Universität Paderborn eine fachgebietsübergreifende Entwurfstechnik für mechatronische Produkte erstellen und durch die Verbindung mit Techniken des Semantic Web für einen effektiven Austausch von Lösungswissen entlang der Branchenwertschöpfungsketten sorgen.  
 Förderinstitution: Land NRW

#### FUJABA Real-Time Tool Suite

Die FUJABA Real-Time Tool Suite basiert auf dem Open Source UML Case Tool FUJABA. FUJABA wird seit 1997 am Lehrstuhl Softwaretechnik entwickelt. Schwerpunkt der FUJABA Real-Time Tool Suite ist die modellbasierte Entwicklung eingebetteter (mechatronischer) Systeme. Der gesamte Entwicklungsansatz wird durch die Mechatronic UML umgesetzt. Im Zentrum des Ansatzes steht das compositionale Vorgehen, um die Komplexität der betrachteten Systeme zu adressieren.  
 Förderinstitution: DFG (anteilig)

# Fachgruppe Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Aktuelle Industriekooperationen

- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Vector Informatik GmbH, Stuttgart
- Model Engineering Solutions, Berlin
- itemis AG, Dortmund
- dSpace GmbH, Paderborn
- Hella KG Hueck & Co., Lippstadt
- IBM Deutschland GmbH, Stuttgart
- Siemens AG, München
- Unity AG, Büren
- Robert Wagner, Büro für Softwaretechnik, Gütersloh

## Wissenschaftliche Kooperationen

Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA  
Prof. Dr. Mary Jean Harrold

Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA  
Prof. Dr. Alex Orso

University of Massachusetts, Amherst, USA  
Prof. Dr. Leon Osterweil

Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico Di Milano, Mailand, Italien  
Prof. Dr. Mauro Pezze

Fraunhofer-Institut, Experimentelles Software Engineering, Kaiserslautern, Deutschland  
Prof. Dr. Peter Liggesmeier  
Prof. Dr. Dieter Rombach

Technische Universität Darmstadt, FG Real-Time Systems, Darmstadt, Deutschland  
Prof. Dr. Andy Schürr

University of California, San Diego, USA  
Prof. Dr. Ingolf Krüger

Universität Banja Luka, Bosnien Herzegowina  
Prof. Dr. Milorad Bozic

Universität Mostar, Bosnien Herzegowina  
Prof. Dr. Ismet Maksumic

Univerzität Tuzla, Bosnien Herzegowina  
Dr. Samra Mujacic

Universität Sarajevo, Bosnien Herzegowina  
Prof. Dr. Zikrija Arvagic

Universität Zagreb, Kroatien  
Prof. Dr. Mario Zagar

Universität Osijek, Kroatien  
Prof. Dr. Zeljko Hocenski

Universität Split, Kroatien  
Prof. Dr. Stipe Celar

Mälardalen Universität, Schweden  
Prof. Dr. Ivica Crnkovic  
Prof. Dr. Sasikumar Punnekkat

Amrita Universität, Indien  
Prof. Dr. Krishnashree Achuthan

Universität Lleida, Spanien  
Prof. Dr. Josep Maria Ribó

Universität Duisburg-Essen  
Prof. Dr. Klaus Pohl

## Publikationen

Peckhaus, V.: Fixing Cantor's Paradise: The Prehistory of Ernst Zermelo's Axiomatization of Set Theory, in: Klaus Robering (Hg.), *New Approaches to Classes and Concepts*, College Publications: London 2008, 11–22

Peckhaus, V.: Die Zeitschrift für die Grundlagen der gesamten Mathematik. Ein gescheitertes Zeitschriftenprojekt aus dem Jahre 1908, in: Volker R. Remmert/Ute Schneider (Hgg.), *Publikationsstrategien einer Disziplin. Mathematik in Kaiserreich und Weimarer Republik*, Harrassowitz Verlag: Wiesbaden 2008, 141–160

Peckhaus, V.: The Mathematical Origins of Nineteenth-Century Algebra of Logic, in: Leila Haaparanta (Hg.), *The Development of Modern Logic*, Oxford University Press: Oxford u.a. 2009, 159–195

Peckhaus, V.: Leibniz nach der Postmoderne, in: *Leibniz neu denken*, hg. v. Erich Barke/Rolf Wernstedt/Herbert Breger (Hgg.), *Leibniz neu denken*, Franz Steiner Verlag: Stuttgart 2009, 97–108

Peckhaus, V.: Leibniz's Influence on 19th Century Logic, in: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2009 Edition), hg. v. Edward N. Zalta, URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/Leibniz-logic-influence/>

Peckhaus, V.: Language and Logic in German Post-Hegelian Philosophy, in: *The Baltic International Yearbook of Cognition, Logic and Communication*, Bd. 4: 200 Years of Analytical Philosophy, hg. v. Sandra Lapointe/Matti Eklund/Amie L. Thomasson (2009), URL = <http://thebalticyearbook.org/journals/baltic/article/view/135/89>

Peckhaus, V.: 2 Rezensionen in *Mathematical Reviews* 2008

Peckhaus, V.: 9 Rezensionen in *Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete* 2008

Milkov, N.: *Thomas Mormann, Bertrand Russell*. München: Beck, 2007, *Grazer Philosophische Studien* 78 (2009), pp. 290–293

## Habilitationen

PD Dr. phil. Nikolay Milkov  
**Early Analytic Philosophy in Context**

## Messen, Tagungen, Seminare

*Workshop "Perspectives on the Early History of Analytic and Phenomenological Philosophy"*, 30.–31. März 2009, Universität Paderborn (Volker Peckhaus, Henning Peucker, gefördert vom DAAD).

*Tagung „Die Berliner Gruppe: Erkenntnis, Wahrscheinlichkeit, Interdisziplinarität“*, 3.–5. September 2009, Hotel Campus Lounge, Paderborn (Volker Peckhaus, Nikolay Milkov, Anna-Sophie Heinemann, gefördert von der Thyssen-Stiftung).

*International Workshop "Form and Content in the History of Modern Logic"*, 13.–14. November 2009, Universität Paderborn (Volker Peckhaus, gefördert von der DFG im Rahmen des DFG-Conicet Cooperation Program).

## Weitere Funktionen

- Dekan an der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn
- Mitglied des Senats der Universität Paderborn
- Mitglied der Interakademischen Leibniz-Kommision (Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften)
- Mitglied des Vorstands der Deutschen Vereinigung für Mathematische Logik und Grundlagenforschung der exakten Wissenschaften (DVMLG)
- Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats der Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte
- Ständiger Vertreter des Deutschen Nationalkomitees der Division for Logic, Methodology and Philosophy of Science im Deutschen Nationalkomitee der Division of History of Science in der International Union of the History and Philosophy of Science.
- Editor-in-Chief der Zeitschrift *History and Philosophy of Logic*.
- (Mit-) Herausgeber der Zeitschrift *Mathematische Semesterberichte*.
- Review Editor for *History of Logic* der Zeitschrift *Bulletin of Symbolic Logic*
- Mitglied des Editorial Boards der Zeitschrift *The Review of Modern Logic*
- Mitglied des Editorial Boards der Zeitschrift *Historia Mathematica*
- Mitglied des Comité Scientifique der Zeitschrift *Philosophia Scientiae*
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Zeitschrift *Philosophisches Jahrbuch der Görres-Gesellschaft*
- Mitglied des Editorial Boards der Buchreihe *History of Analytic Philosophy*

## Aktuelle Forschungsprojekte

*Die Berliner Gruppe: Vorgeschichte, Geschichte, Erbe, gefördert durch die Thyssen-Stiftung (Peckhaus, Milkov)*

*Mitwirkung im Editionsprojekt Oskar Becker, gefördert durch die DFG (Peckhaus)*

*Projektbezogener Personenaustausch mit Finnland: Phänomenologische Positionen im mathematischen Grundlagenstreit, gefördert durch den DAAD (Peckhaus, Peucker)*

*Deutsch-argentinische Kooperation: Form und Inhalt in der Geschichte der modernen Logik, gefördert im Rahmen des Programms DFG/CONICET 2008 (Peckhaus).*

*Algebra der Logik und Logische Algebra – Zu einer Vorgeschichte der Modelltheorie, Eigenprojekt (Heinemann)*



# So finden Sie das Heinz Nixdorf Institut:

## Anreise mit dem Auto

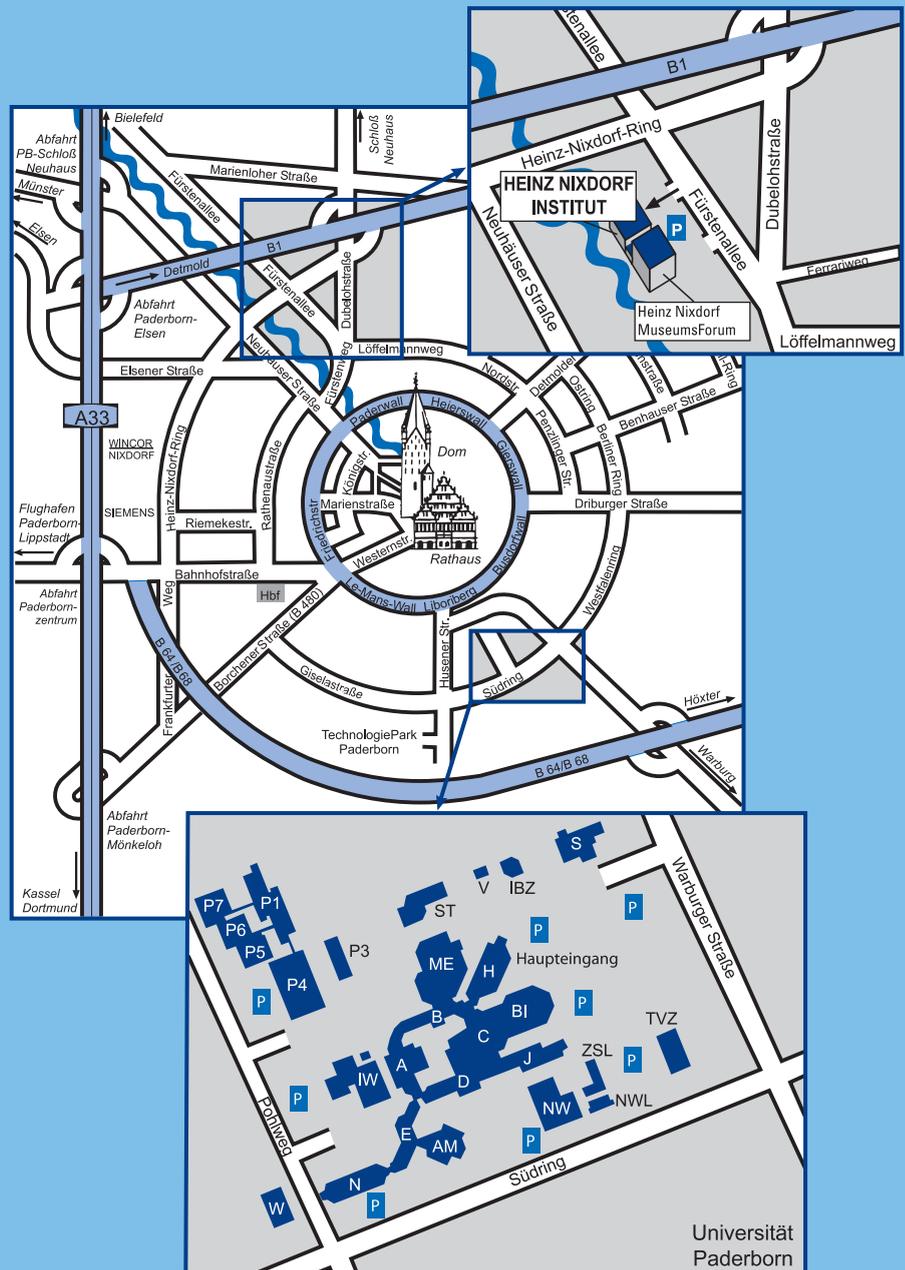
Verlassen Sie die Autobahn A33 an der Ausfahrt Paderborn-Elsen. Biegen Sie auf die Bundesstraße B1 und folgen der Beschilderung nach Bad Lippspringe/Detmold. Nach ca. 1,5 km fahren Sie an der Ausfahrt Paderborn/Schloss-Neuhaus von der Bundesstraße B1 ab. An der Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) fahren Sie geradeaus auf den Heinz-Nixdorf-Ring und biegen an der nächsten Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Fürstenallee) links in die Fürstenallee. Das Heinz Nixdorf Institut liegt auf der rechten Seite nach ca. 300 m.

## Anreise mit dem Flugzeug

Vom Flughafen Paderborn/Lippstadt nehmen Sie die Buslinie 400/460 in Richtung Paderborn HBF. Vom Hauptbahnhof fahren Sie mit der Linie 11 in Richtung Thuner Siedlung bis zur Haltestelle MuseumsForum (Gesamtfahrzeit ca. 50 Minuten).

## Anreise mit der Bahn

Vom Paderborner Hauptbahnhof nehmen Sie den Bus der Linie 11 Richtung Thuner Siedlung bis zur Haltestelle MuseumsForum (Fahrzeit ca. 10 Minuten).



Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn

<http://www.hni.uni-paderborn.de>

# Impressum:

## Herausgeber

Heinz Nixdorf Institut  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
(Vorstandsvorsitzender)

## Redaktion & Koordination

Dipl.-Inform. Helene Waßmann  
Telefon: +49 (0) 5251|60 62 27  
E-Mail: [redaktion@hni.upb.de](mailto:redaktion@hni.upb.de)

## Kontakt

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
Fürstenalle 11  
33102 Paderborn  
Telefon: +49 (0) 5251|60 62 11  
Telefax: +49 (0) 5251|60 62 12  
<http://www.hni.uni-paderborn.de>

## Auflage

1.300 Exemplare

## Realisierung und Herstellung

Franziska Bahlmann  
Franziska Reichelt  
Kirsten Schauerte

## Technische Unterstützung

code-x GmbH | Technologiepark 21 |  
33100 Paderborn | <http://www.code-x.de>

## Druck

W.V. Westfalia Druck GmbH | Eggertstraße 17 |  
33100 Paderborn | <http://www.westfaliadruck.de>

## Berichtszeitraum:

01.01. bis 31.12.2009

ISSN 1619-3679

Der Jahresbericht des Heinz Nixdorf Instituts erscheint weitestgehend auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibung.

©Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn  
Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.  
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.



**HEINZ NIXDORF INSTITUT**  
Universität Paderborn

Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Telefon +49(0) 5251|60 62 11  
Telefax +49(0) 5251|60 62 12  
<http://www.hni.uni-paderborn.de>