

# HEINZ NIXDORF INSTITUT



Jahresbericht **2010**



HEINZ NIXDORF INSTITUT  
Universität Paderborn

## HEINZ NIXDORF INSTITUT

Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik

Fürstenallee 11, 33102 Paderborn

Telefon +49 (0) 52 51 | 60 62 11

Telefax +49 (0) 52 51 | 60 62 12

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

### Mitglieder des Vorstands

#### *Gruppe der Professoren:*

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier\*  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil (Vorsitzender)\*  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
em. Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig  
Dr.-Ing. Mario Porrmann  
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:*

Alexander Setzer

### 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:*

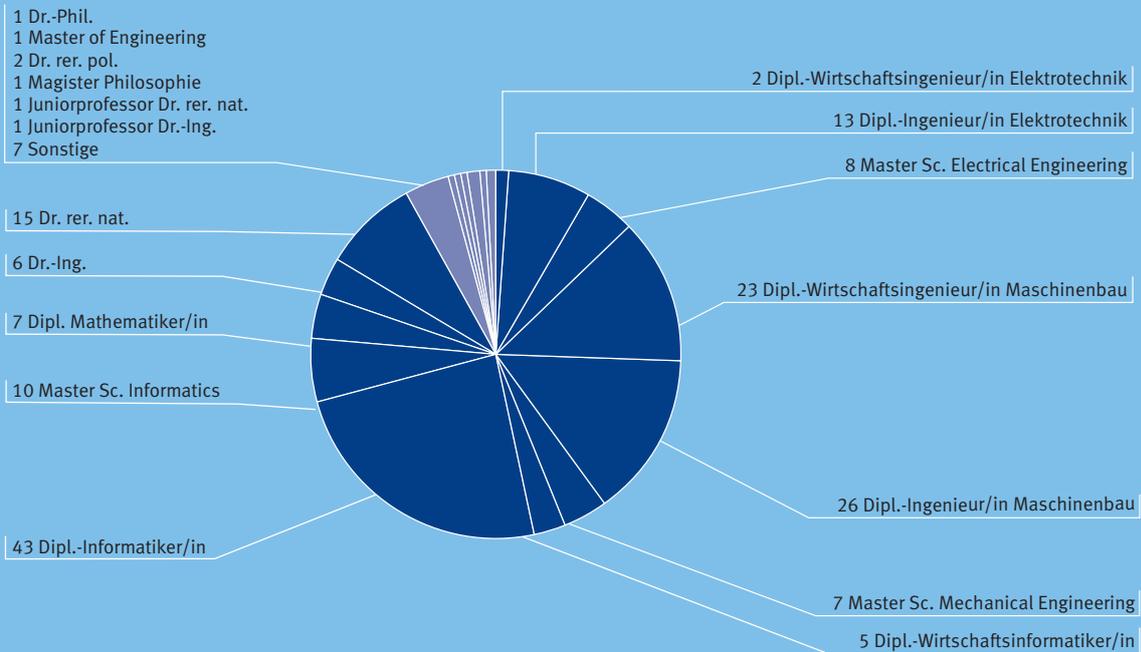
Prof. Dr. rer. nat. Thomas Lengauer Ph. D., Max-Planck-Institut für Informatik  
Prof. Dr. rer. nat. Nikolaus Risch, Rektor der Universität Paderborn  
Prof. Dr. Holm Tetens, Freie Universität Berlin

#### *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

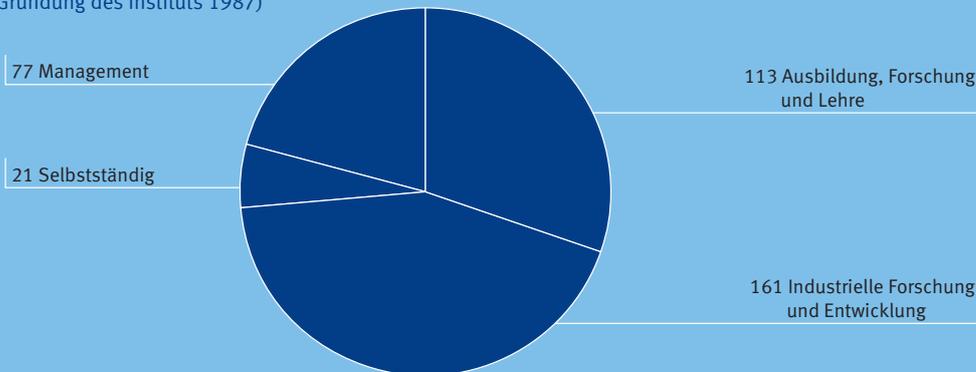
# Das Institut in Zahlen

## Akademisches Profil des interdisziplinären Instituts



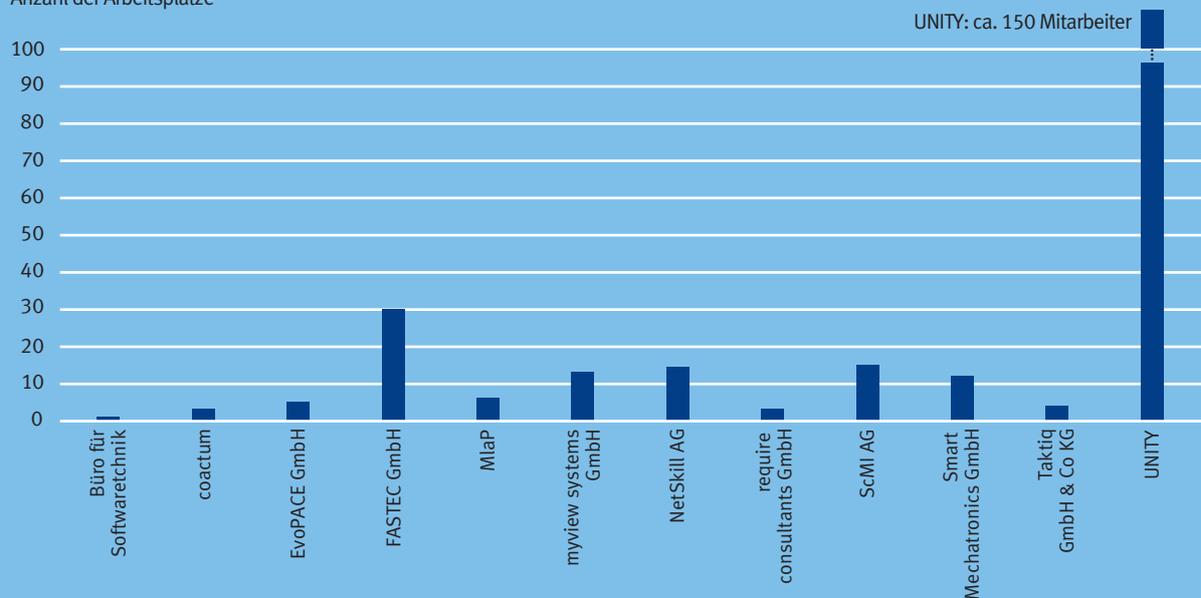
## Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

(seit Gründung des Instituts 1987)



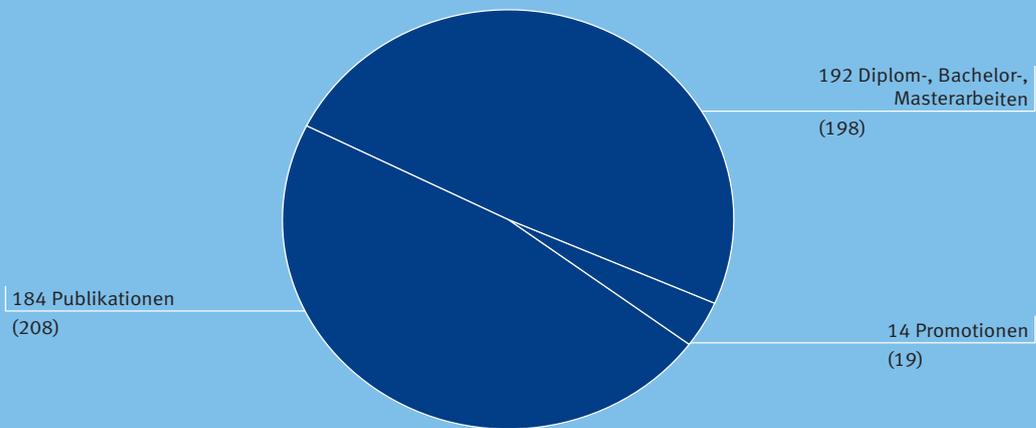
## Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut

Anzahl der Arbeitsplätze



## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

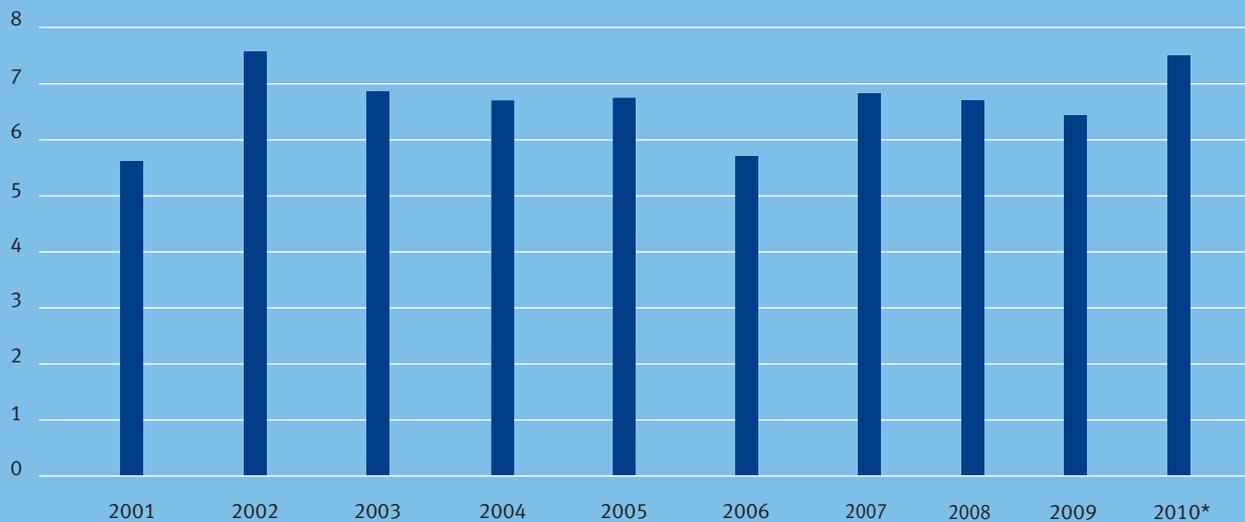
(Vorjahr 2009)



## Drittmittel

Drittmittel in Mio. EURO

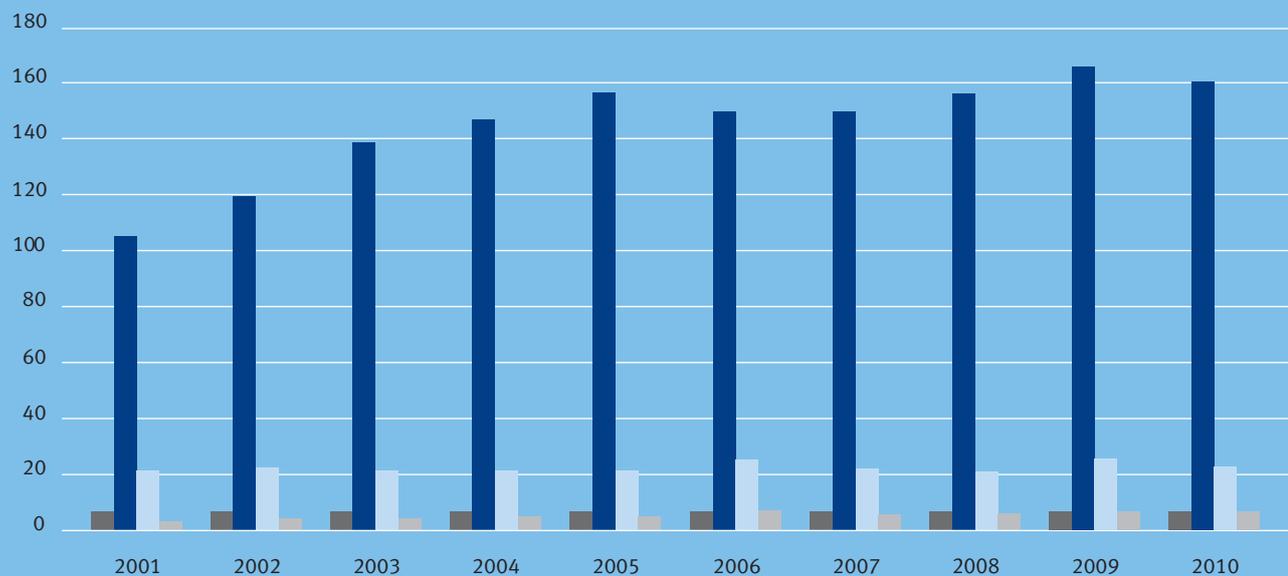
\*geschätzter Wert



## Anzahl der Beschäftigten

Anzahl der Beschäftigten

Professoren wiss. Mitarbeiter nichtwiss. Mitarbeiter Auszubildende



# HEINZ NIXDORF INSTITUT



Jahresbericht **2010**



HEINZ NIXDORF INSTITUT  
Universität Paderborn

# Inhalt

## Allgemeine Darstellung

<b>Umschlag vorne</b>	<b>Das Institut in Zahlen</b>
<b>Seite 4</b>	<b>Das Leitbild des Instituts</b>
<b>Seite 6</b>	<b>Das Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte</b>
<b>Seite 14</b>	<b>Kompetenzzentrum Virtual Prototyping und Simulation</b>
<b>Seite 16</b>	<b>Fraunhofer gründet neue Projektgruppe „Entwurfstechnik Mechatronik“</b>
<b>Seite 18</b>	<b>Fünf erfolgreiche Internetportale</b>
<b>Seite 20</b>	<b>Engagement in der Nachwuchsförderung</b>

## weitere Aktivitäten

<b>Seite 90</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 115</b>	<b>So finden Sie uns</b>
<b>Seite 117</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 50 **Algorithmen und Komplexität**  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

Seite 56 **Entwurf Paralleler Systeme**  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

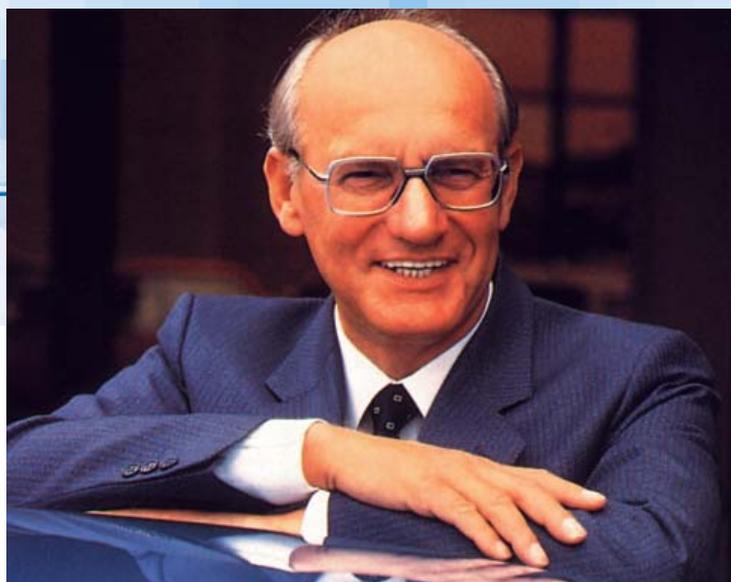
Seite 64 **Schaltungstechnik**  
Dr.-Ing. Mario Porrman

Seite 72 **Regelungstechnik und Mechatronik**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Seite 80 **Softwaretechnik**  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

Seite 86 **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

assozierte  
Fachgruppen



Heinz Nixdorf, † 1986

»» Technologischer Wandel erfolgt nicht durch Revolution,  
sondern durch Evolution,  
durch unendlich viele kleine Schritte,  
die man stetig tun muss. ««

## Das Leitbild

Wir erleben den Wandel von den nationalen Industriegesellschaften zur globalen Informationsgesellschaft. Informations- und Kommunikationstechnik durchdringen 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.

Wohlstand braucht Beschäftigung, braucht Innovation, braucht Bildung. An diesem Leitgedanken orientiert sich unser Handeln.

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

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

### **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, Doktoranden und Doktorandinnen 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 herausragend 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. Indikatoren sind die Anzahl von Kooperationen mit der Wirtschaft und die Anzahl der Ausgründungen.
- 3) Unsere Absolventen und Absolventinnen 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, die Innovationen fördern soll. Wir haben dabei in erster Linie technische Systeme im Blick, die auf dem Zusammenwirken von Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und Informatik beruhen. Typisch für derartige Systeme sind die Erzeugnisse der Informations- und Kommunikationstechnik, der Verkehrstechnik, des Maschinenbaus und der Medizintechnik.

### „Things that think.“

Technische Systeme werden künftig in der Lage sein, sich an wechselnde Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen selbstständig anzupassen. Dies erfordert die Fähigkeit, die eigene Umgebung, das eigene Verhalten und das Benutzerverhalten wahrzunehmen, mit den Systemzielen zu vergleichen und dann das Systemverhalten optimal anzupassen. Daher der Slogan: Things that think.

Diese 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 sehen wir darin, die Entwicklung der Einzelkomponenten und der Mechanismen für ihr Zusammenspiel als ganzheitliche Aufgabe anzugehen.

### Die übergeordneten Ziele

#### Innovationen für Wachstum und Beschäftigung

Wir wollen aus der Symbiose von Informatik und Ingenieurwissenschaften innovative technische Systeme schaffen, die Nutzen stiften, dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung folgen und Perspektiven für Wertschöpfungswachstum und Beschäftigung eröffnen.

#### Unsere Leitidee: Eine neue Schule des Entwurfs technischer Systeme

Die Kreation der von uns angestrebten Systeme erfordert neuartige Herangehensweisen und führt zur Leitidee unserer interdisziplinären Forschung: Wir wollen eine neue Schule des Entwurfs technischer Systeme erarbeiten. Diese umfasst Vorgehensmodelle, Spezifikations- und Modellierungstechniken, dedizierte Methoden und IT-Werkzeuge zur Synthese und Analyse sowie Aus- und Weiterbildungsprogramme. Das Ganze soll die in den Unternehmen mit der Produktentstehung befassten Entwickler erreichen. Die konzeptionelle Plattform, von der auszugehen ist, bilden zum einen unsere bisherigen Arbeiten und zum anderen das Systems Engineering.

Systems Engineering ist ein domänenübergreifender Ansatz zur zweckmäßigen und zielgerichteten Gestaltung komplexer Systeme. Das Ziel besteht darin, verschiedene Domänen zu integrieren und die vielfältigen Aktivitäten von der ersten Idee bis zum erfolgreichen Markteintritt zu orchestrieren.

#### Wir wollen die Zukunft vorausdenken

Da es uns um die Systeme von morgen geht, müssen wir Vorstellungen über die künftigen Nutzenerwartungen und technischen Möglichkeiten entwickeln. Wir erreichen das durch systematische Vorausschau, d. h. durch die Wahrnehmung und Antizipation der Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern (Politik, Wirtschaft, Gesellschaft). 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.

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

Die Struktur des Forschungsprogramms des Heinz Nixdorf Instituts und darin positionierte Schwerpunktprojekte (Auswahl).

### 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. Die obere Grafik gibt diese Struktur wieder. Danach gliedern wir unser Forschungsprogramm entlang der drei Dimensionen *Technologien*, *Anwendungsbereiche* und *Innovationsprozesse*. Damit verknüpfen wir den Technology Push mit dem Market Pull und beschreiben, wie ein innovatives und Erfolg versprechendes technisches System zu identifizieren und zu entwerfen ist. Die drei Dimensionen lassen sich wie folgt charakterisieren:

#### Technologien

Darunter verstehen wir Maßnahmen und Verfahren, 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 Hardware-/Software-Systeme,
- Verteilte dynamische Datenräume sowie
- Simulation, Visualisierung und Interaktion.

#### Anwendungsbereiche

Hier geht es uns um die Realisierung konkreter technischer Systeme, die Nutzen stiften und Bedürfnisse erfüllen. Dies soll in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft erfolgen. Dadurch fördern wir den Erfahrungsaustausch mit der Praxis und vali-

dieren die von uns erarbeiteten Verfahren. Aktuell sind für uns folgende drei Anwendungsbereiche besonders relevant:

- Intelligente mechatronische Systeme,
- Kooperative Netzwerke und
- Wissensbasierte soziotechnische Systeme.

#### Innovationsprozesse

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 sowie das Treffen der richtigen Technologie- und Geschäftsmodellentscheidungen; das erfordert Vorausschau.
- Entwurfsmethodik; hier geht es primär darum, die postulierte neue Schule des Systementwurfs zu etablieren und so Dritte in die Lage zu versetzen, die Systeme von morgen zu entwerfen.

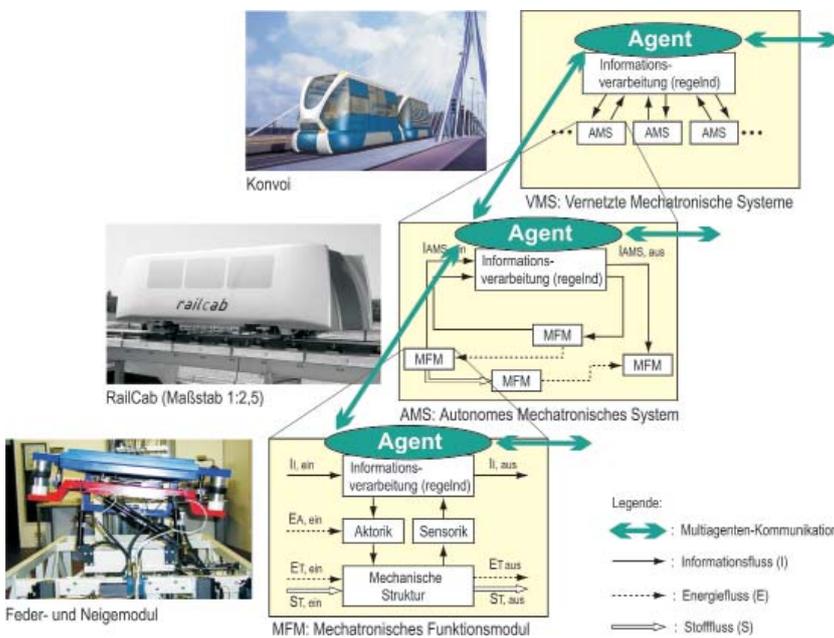
Konkrete Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind Zellen bzw. Cluster von Zellen des dargestellten Würfels. Neben vielen kleineren und mittleren Projekten existieren derzeit Schwerpunktprojekte. Auf den folgenden Seiten stellen wir einige im Sinne eines repräsentativen Überblicks vor.

# SFB 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“

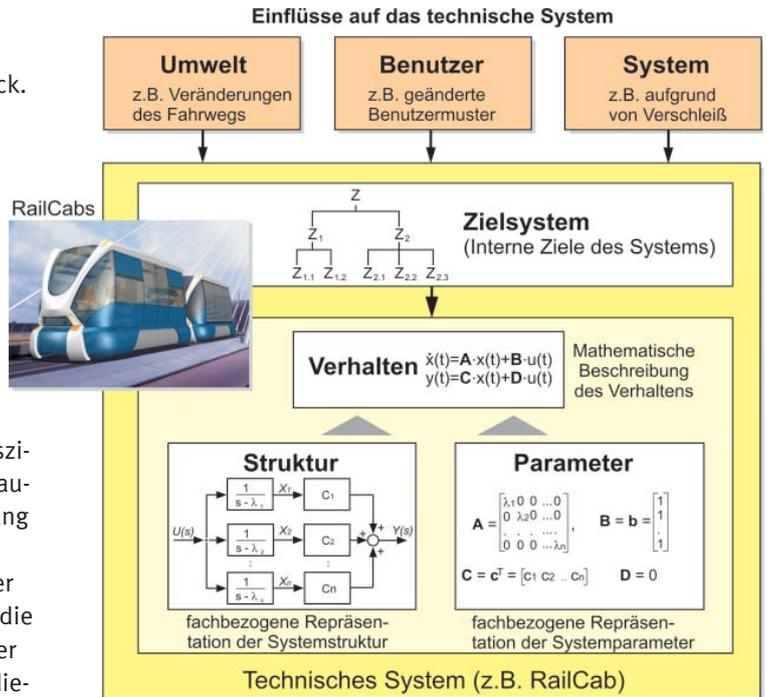
Intelligente Maschinen für die Märkte von morgen

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.

Der Sonderforschungsbereich (SFB) verfolgt die 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:



Struktur eines mechatronischen Systems mit inhärenter Teilintelligenz



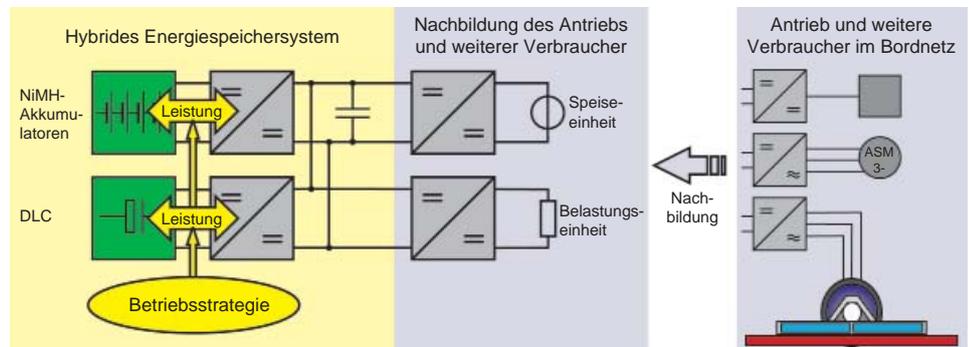
Aspekte eines selbstoptimierenden Systems

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

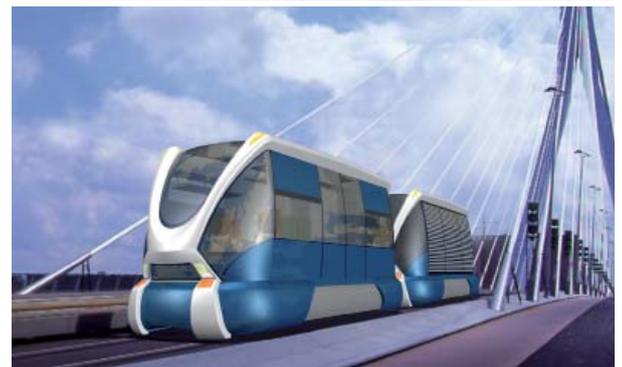
Das Energiemanagement des RailCab ist ein Beispiel für den hohen Nutzen, der durch Selbstoptimierung erreicht werden kann. Das Antriebsmodul des RailCabs wird durch einen doppelt gespeisten Linearantrieb realisiert. Er ermöglicht neben der Funktion „Antreiben“ auch die berührungslose Leistungsübertragung von der Strecke in das Bordnetz des RailCabs. Die maximale Leistungsübertragung ist in etwa proportional zur gestellten Antriebskraft. In einigen Fahrsituationen, wie z. B. leichten Gefällstrecken, kann daher jedoch der Leistungsbedarf des Bordnetzes nicht vollständig durch die Energieübertragung des Linearmotors gedeckt werden. Um die kontinuierliche Versorgung sämtlicher Verbraucher im RailCab zu gewährleisten, wurde im Rahmen des SFB 614 das im oberen Bild dargestellte hybride Energiespeichersystem entwickelt. Es besitzt sowohl Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Akkumulatoren, zur langfristigen Energiespeicherung, als auch Doppelschichtkondensatoren (DLC, double layer capacitor) zur Pufferung von Leistungsspitzen. Die zu speichernde Leistung ergibt sich aus der Leistungsbilanz des Bordnetzes, die neben der übertragenen Leistung des Antriebsmoduls auch die benötigte Leistung der Verbraucher des RailCabs berücksichtigt.

Für einen effizienten Betrieb des hybriden Energiespeichersystems bedarf es einer anpassungsfähigen Betriebsstrategie, die die jeweilige Leistung der beiden zur Verfügung stehenden Energiespeicher situationsabhängig vorgibt. Hierbei sollen insbesondere Energieverluste minimiert und die Leistungsreserve des Systems, d. h. das Potential elektrische Leistung abzugeben oder aufzunehmen, maximiert werden. Diese Problemstellung ist keinesfalls trivial, da die Ziele gegenläufig sind und sich ihre Bedeutung während des Betriebs des RailCabs durch veränderte Umwelteinflüsse ändert. Durch die Integration kognitiver Funktionen wird eine selbstoptimierende Berechnung der Leistungsverteilung der beiden Energiespeicher ermöglicht. Hierbei kommen zwei Verfahren zum Einsatz. Für bekannte und oft befahrene Strecken wird mit Hilfe der „kontinuierlichen Mehrzieloptimierung“ auf bereits errechnete Optimierungsergebnisse für die Bestimmung der Leistungsprofile in Form von Paretomengen zurückgegriffen. Beim Befahren unbekannter Strecken, für die keine geeignete Paretomenge vorhanden ist, wird im Rahmen der „intelligenten Vorschau“ mit Hilfe einer Suchbaumanalyse ein optimales Batte-



Struktur eines mechatronischen Systems mit inhärenter Teilintelligenz: Energiemanagement von RailCab

riestromprofil in Abhängigkeit aller Umfeld- und Systemdaten ermittelt. Durch den Einsatz von Selbstoptimierung wird somit in jeder Situation eine ideale Betriebsstrategie ermöglicht.



Demonstratoren des SFB 614 (v.o.n.u.): Miniaturroboter „BeBot“, X-by-Wire-Versuchsfahrzeug „Chamäleon“, Schienenfahrzeug „RailCab“

## Sieger-Projekte im Exzellenz-Wettbewerb des Landes NRW

Im Jahr 2007 hat eine neue Förderperiode des NRW Ziel 2-Programms begonnen, um Innovationen und Beschäftigung wesentliche Impulse zu geben. 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 vier Projekte gewonnen.

### Leitstand 2012

#### Unternehmensübergreifende und kostenintegrierte Produktionssteuerung

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sehen sich derzeit mit einer Lücke zwischen den wachsenden Anforderungen im Bereich der IT-gestützten Produktionsplanung und -steuerung und dem aktuellen Stand der Technik konfrontiert. Es besteht der Bedarf nach einem innovativen Werkzeug zur unternehmensübergreifenden sowie kostenintegrierten Produktionssteuerung in KMU-Netzwerken.

An dieser Stelle setzt seit 2009 das Projekt „Leitstand 2012“ an, welches sich zur Aufgabe gemacht hat, die zuvor genannte Lücke bis 2012 zu schließen. In dem von Prof. W. Dangelmaier geführten Konsortium befinden sich u. a. Produktions- und Dienstleistungsunternehmen sowie Verbände der Region Ostwestfalen-Lippe und Nordrhein-Westfalen.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines „Leitstandes der Zukunft“ speziell für KMU in Form einer serviceorientierten Produktionsplanungssoftware. Diese soll mittels modernster Webtechnologien und eines neuartigen, unternehmensübergreifenden Servicekonzeptes messbare Mehrwerte für KMU schaffen und Kompetenzen aufbauen, 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 Wertschöpfung und Verschwendung in der Produktion aufzudecken und zu quantifizieren. Ein Dienstleistungskonzept, das durch die anonymisierte Erhebung der Produktionsdaten vieler Unternehmen und durch ein Angebot an dedizierten, planungsorientierten IT-Services die Kompetenzen von Produktionsclustern bündelt, ergänzt das eigentliche Werkzeug. Durch unternehmensübergreifende Benchmarks werden Verbesserungspotentiale für einzelne Partner, aber auch für den Verbund insgesamt erschlossen.

### 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 Datenmanagement, Konstruktionswerkzeuge oder IT-Infrastruktur im Unternehmen analysiert. 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 Entwicklungsstands ermöglicht.

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

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



Der Weg zur Ausschöpfung der Nutzenpotentiale des Virtual Prototyping

## 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. Zum anderen sollen semantische Technologien für den effektiven Austausch von Lösungswissen in den Branchenwertschöpfungsketten genutzt werden.



# ENTIME

Bei der Entwicklung mechatronischer Systeme werden in hohem Maße bewährte Lösungselemente eingesetzt. Dies sind Komponenten wie

Maschinenelemente und Steuerungskomponenten, die von Zulieferern via Katalog und Internet angeboten werden. Ein Hindernis für Innovationen ist, dass die Entwicklungsingenieure in den Unternehmen ausschließlich Lösungsansätze nutzen, die ihnen bereits bekannt sind. Mithilfe der Techniken des Semantic Web soll in ENTIME diese Fixierung aufgehoben werden. Weiterhin wird im Rahmen des Projekts eine fachgebietsübergreifende Entwurfstechnik entwickelt, die klassischen Maschinenbau, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik integriert. Diese ermöglicht auch, innovative Lösungselemente für den Einsatz im modernen Maschinenbau hervorzubringen.

Das Vorgehen beim Entwurf intelligenter mechatronischer Systeme gliedert sich in die fachdisziplinübergreifende Konzipierung und die fachdisziplinspezifische Konkretisierung. In der Konzipierung wird zunächst bewährtes Lösungswissen in Form von Lösungsmustern, d. h. bewährte Lösungen für wiederkehrende Probleme zur Realisierung der geforderten Funktionen, benötigt. Die Lösungsmuster werden zum Produktkonzept synthetisiert und anschließend validiert. Die Validierung erfolgt modellbasiert, d. h. den Lösungsmustern sind idealisierte simulationsfähige Modelle zugeordnet. Im Rahmen der Konkretisierung werden die Lösungsmuster durch Lösungselemente ersetzt. Diese sind mit detaillierten Modellen verknüpft, die eine konkrete Parameterausprägung aufweisen. Zentraler Punkt dieses wissens- und modellbasierten Entwurfsprozesses ist die Suche nach Lösungsmustern und -elementen. Im Fokus von ENTIME steht daher die von der Fachterminologie unabhängige Verarbeitung der Semantik des Lösungswissens, mit dem Ziel auf Basis einer fachgebietsübergreifenden Spezifikation Lösungsmuster und -elemente auszuwählen.

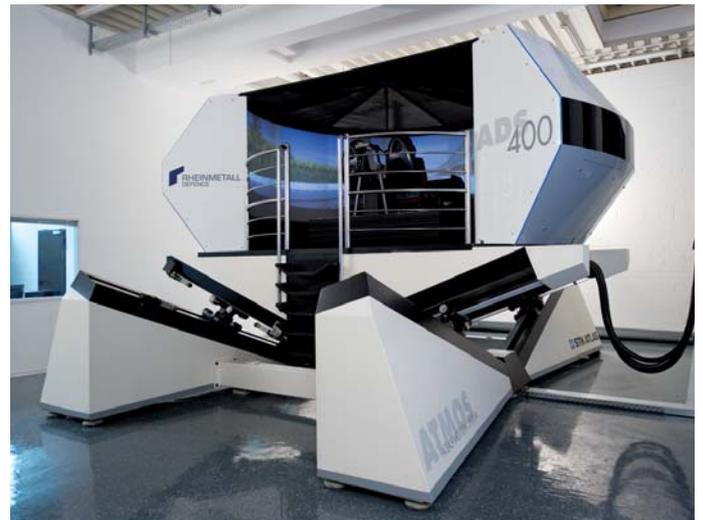
Das Projekt wird mit ca. 4,3 Mio. Euro gefördert und vom Heinz Nixdorf Institut, vertreten durch die Professoren J. Gausemeier, W. Schäfer und A. Trächtler, in enger Kooperation mit neun Unternehmen aus der Region durchgeführt. Es wird damit die Innovationskraft der Zukunftsbranche Maschinenbau stärken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

## TRAFFIS

### Test- und Trainingsumgebung für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme

Das Forschungsprojekt „Test- und Trainingsumgebung für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme“ (TRAFFIS) soll die Entwicklung und Erprobung moderner Fahrerassistenzsysteme entlang der gesamten Branchenwertschöpfungskette verbessern.

Sicherheit, Komfort und Energieeffizienz von Fahrzeugen werden in Zukunft maßgeblich durch Fahrerassistenzsysteme geprägt. Durch die intelligente Fusion von multimodalen Sensordaten und Kamerabildern werden Kraftfahrzeuge zukünftig ihre Umgebung wahrnehmen und adäquate Aktionen durchführen, beispielsweise weichen sie automatisch Hindernissen aus. Die Entwicklung und Erprobung von Fahrerassistenzsystemen ist jedoch aufwändig: Reale Prototypen werden in kostspieligen Versuchsfahrten getestet.



Der Fahrersimulator der Universität Paderborn bildet den Kern einer innovativen Test- und Trainingsumgebung für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme.

Derzeit bilden Fahrersimulationssysteme die Eigenschaften moderner Fahrerassistenzsysteme nur unzureichend ab. In TRAFFIS soll daher eine neue Test- und Trainingsumgebung für Fahrerassistenzsysteme entwickelt werden. Im Kern des Vorhabens steht ein Fahrersimulator mit Bewegungsplattform: Durch neue Methoden zur effizienten Erarbeitung von Simulationsmodellen und deren Echtzeitverarbeitung wird der Simulator das Verhalten moderner Fahrerassistenzsysteme realistisch nachbilden. Die Auswirkungen derartiger Systeme auf den Fahrer werden damit schon in den frühen Entwicklungsphasen analysierbar – reale Versuchsfahrten werden erheblich reduziert.

Das Projekt hat eine Laufzeit von 3 Jahren und wird mit etwa 1,8 Mio. Euro gefördert. Es wird vom Heinz Nixdorf Institut, vertreten durch die Professoren A. Trächtler und J. Gausemeier, in enger Kooperation mit fünf Unternehmen durchgeführt. TRAFFIS wird die Entwicklung und Erprobung fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme deutlich verbessern und signifikant verkürzen.

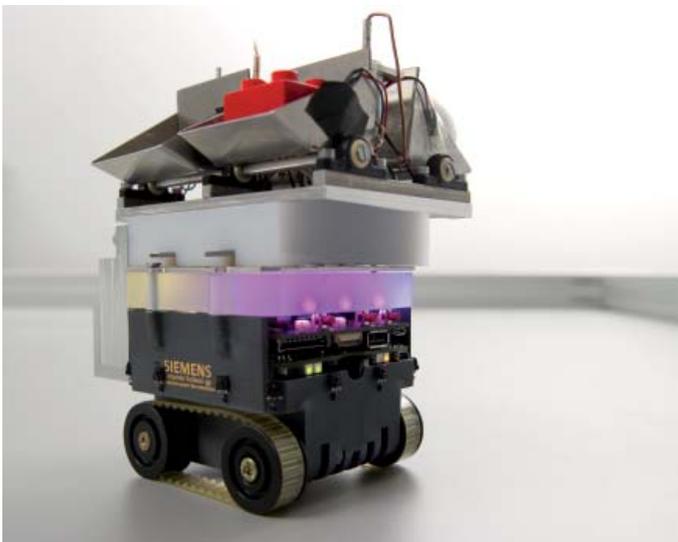
## Intelligenter Miniaturroboter BeBot

### Versuchsträger für intelligente Maschinen und kooperative Netzwerke

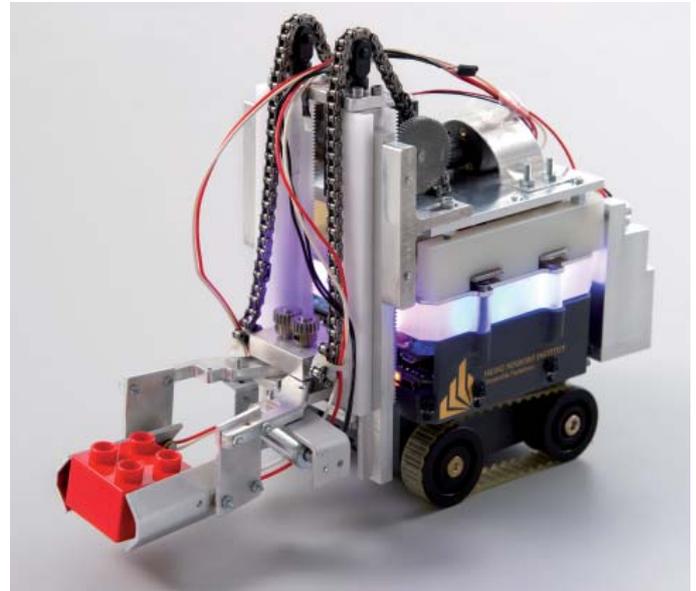
Unser Anspruch ist eine neue Schule des Entwurfs intelligenter technischer Systeme. Daher benötigen wir ein avantgardistisches Basissystem, auf dessen Grundlage sich die Applikationen von morgen entwickeln und erproben lassen. Der von uns entwickelte Miniaturroboter BeBot ist dieses Basissystem. Er ist 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,
- einer Digitalkamera,
- mehreren leistungsfähigen Prozessoren (bis 600 MHz),
- einem rekonfigurierbarer FPGA-Chip,
- 256 MB Arbeitsspeicher,
- 512 MB Flash-Speicher (erweiterbar auf 16 GB) und
- 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. Erweitert wird der Roboter durch eine 360° Anzeige seiner Zustände und Rollen. Dazu erzeugen LEDs sich beliebig ändernde Farben, die mit Hilfe eines Lichtleiters abgestrahlt



BeBot mit Kipper-Modul zum Transportieren von kleinen Gegenständen



BeBot mit Greifer-Modul zum Aufsammeln von kleinen Gegenständen

werden. 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 Tischtennisbälle und Lego-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 großflächig verteilter Bälle), Greifer oder Transporter (Ladefläche für vier Bälle) sein. Einfach wechseln lassen sich die Werkzeugmodule durch eine standardisierte Aufbauplattform. Sowohl die mechanische Anbindung als auch die Kommunikation mit dem BeBot per Infrarot sind darüber realisiert. Neben diesem Anwendungsszenario 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 damit auf globaler Ebene kooperieren und gemeinsame Experimente planen, durchführen und analysieren.

## Organic Computing

Ein Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft

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.

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. Das Heinz Nixdorf Institut ist mit zwei Projekten beteiligt.

Im von Prof. F. Rammig und Dr. B. 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 Selbstadaption. Es ist aber weiterhin eine offene Frage, wie individuelle Selbstadaption 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. Es wird ein modularer Ansatz verfolgt, bei dem ein System ein Modell von sich selbst und seiner Umgebung einschließlich seiner Gruppenmitglieder lernt, um zu entscheiden welche Verhaltensalternativen in spe-

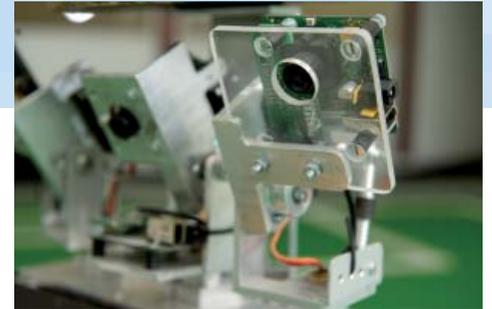


BeBots arbeiten als „Smart Team“ mit einem Paderkicker als selbstoptimierendes Multiagentensystem zusammen.

zifischen Situationen am vielversprechendsten sind. Unter anderem wurde ein Verfahren entwickelt, das – angelehnt an das System der

so genannten menschlichen Spiegelneuronen – Imitation in Robotergruppen ermöglicht. Ein Spiegelneuron ist ein Neuron, das sowohl feuert, wenn der Mensch eine Aktion ausführt, als auch, wenn er einen anderen Menschen bei dieser Aktion beobachtet. Dieser Ansatz wurde in Robotersystemen umgesetzt, indem das Modul, das für das Lernen von Verhalten zuständig ist, gleichzeitig auch lernt, ähnliches Verhalten bei anderen Robotern zu erkennen. Zur Zeit wird untersucht, wie das Lernen von kooperativem Verhalten unterstützt werden kann. Der entwickelte modulare Ansatz wird simulativ und experimentell mithilfe des Paderkicker-Fußballroboter-Teams bzw. des Miniaturroboters BeBot evaluiert.

Im von Prof. F. Meyer auf der Heide und Prof. C. 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 Projekts 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.



Kamera des Paderkicker – über sie beobachtet der Roboter seine Umgebung (Spielfeld, Bälle und andere Roboter)

## Kompetenzzentrum Virtual Prototyping und Simulation

Virtual Prototyping und Simulation (VPS) ist heute fester Bestandteil des Produktentstehungsprozesses. Beim Virtual Prototyping wird ein Rechnermodell 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 Produkts 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 Produkts.

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Virtual Prototyping und Simulation entwickeln Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts und der Universität Paderborn gemeinsam neue VPS-Methoden und Werkzeuge. Zur Unterstützung dieser Forschungsaktivitäten wurde bereits 2009 am Heinz Nixdorf Institut das HD-Visualisierungszentrum eingerichtet, das in Bezug auf seine Leistungsfähigkeit und Flexibilität einzigartig ist.



Design Review an dem Virtuellen Prototypen eines Lagerhandlungssystems

### Infrastruktur für die Visualisierung

Das HD-Visualisierungszentrum umfasst eine hochauflösende Großprojektion mit insgesamt vier – teils schwenkbaren – Projektionsflächen auf einer Gesamtbreite von über 9 m. Die Bewegungen des Anwenders werden über ein optisches Tracking-System dreidimensional im Raum erfasst, wodurch eine einfache und intuitive Navigation 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 2 x 20 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.



(v.l.) Martin Zimmermann (Geschäftsführer Visenso), Prof. Dr. Reinhard Keil (Vorstand HNI) und Michael Grafe (Oberingenieur) bei der Eröffnung des C<sup>3</sup>-Lab

### Start des Cyberclassroom im C<sup>3</sup>-Lab

Seit Oktober geht das Heinz Nixdorf Institut zusammen mit der Visenso GmbH aus Stuttgart mit der Einrichtung einer dreidimensionalen Lernwelt innovative Wege im Bereich der Schülerbildung: Mit dem Cyber-Classroom, einer virtuellen 3D-Experimentierumgebung, werden komplexe und schwer erklärbare Sachverhalte aus technischen oder naturwissenschaftlichen Bereichen anschaulich und verständlich dreidimensional visualisiert.

Der Cyber-Classroom eignet sich hervorragend dafür, Schülerinnen und Schüler ab dem Grundschulalter stärker für die MINT-Fächer Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik zu begeistern. Aufgrund der 3D-Technik im Cyber-Classroom können Schüler direkt mit dem Lernstoff interagieren und sich intensiv damit auseinandersetzen. Als erstes C<sup>3</sup>-Lab (Certified Cyber-Classroom-Labor) in NRW wird das Heinz Nixdorf Institut den Cyber-Classroom im neuen Schülerlabor CoolMint der Universität Paderborn und des Heinz Nixdorf MuseumsForums betreuen.

### Visualisierung hochkomplexer Entwicklungsprozesse

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ entwickelte die Fachgruppe Produktentstehung eine Visualisierung der hochkomplexen Entwicklungsprozesse für den Entwurf selbstoptimierender mechatronischer Systeme. Am Beispiel der Entwicklung des RailCabs 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 kein Detail verloren.

### Visualisierung massiv komplexer Datensätze in 3D

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 Werkzeug zur stereoskopischen Visualisierung auf der Großprojektion im HD-Visualisierungszentrum entwickelt. 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. Das Werkzeug diente als Basis zur Visualisierung des neuen Gebäudes der Zukunftsmeile Fürstenallee, das zur Zeit in unmittelbarer Nachbarschaft zum Heinz Nixdorf Institut errichtet wird.



Virtuelle Begehung im Innenhof des neuen Gebäudes der Zukunftsmeile Fürstenallee

### Virtual Prototyping von innovativen Scheinwerfersystemen

Der von der Fachgruppe Produktentstehung entwickelte Nachtfahringsimulator 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. 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 Blend-situationen realitätsnah wiedergegeben werden, um z. B. Scheinwerfer für blendfreies Fahren oder zur kollektiven Ausleuchtung des Straßenraumes einzusetzen.

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



Virtual Prototyping innovativer Scheinwerfersysteme im HD-Visualisierungszentrum

### 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 realitätsnahe Analyse von innovativen Fahrzeugkomponenten wie Fahrerassistenz- und Beleuchtungssystemen oder Achs- und Fahrwerkskonzepten. Das Heinz Nixdorf Institut entwickelt Hard- und Softwareschnittstellen, die eine flexible Integration verschiedenster Fahrzeugkomponenten an den Fahrsimulator ermöglichen. Hardware-in-the-Loop Simulation ermöglicht den 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 zur Zeit zu einer interaktiven Fahrsimulation mit integrierter Bewegungsplattform weiterentwickelt. Sie bildet die Basis für das Paderborner Zentrum für Fahrsimulation.



Probefahrt im Fahrsimulator für die Evaluation von Fahrerassistenzsystemen

## Fraunhofer gründet neue Projektgruppe „Entwurfstechnik Mechatronik“ in Paderborn

Die Wirtschaft der Region Ostwestfalen-Lippe (OWL), verkörpert insbesondere durch das Netzwerk OWL Maschinenbau e.V., dem 120 Unternehmen mit einem Umsatz von zusammen 8 Mrd. Euro angehören, prosperiert. Sie hat sich in den vergangenen Jahren für die Ansiedlung eines Instituts der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) eingesetzt. Als Bedarfsweld wurde Mechatronik identifiziert. Da Mechatronik eine Kernkompetenz des Heinz Nixdorf Instituts ist und das Konzept eines FhG-Instituts komplementär zu einem Forschungsinstitut wie dem Heinz Nixdorf Institut zu sehen ist, streben wir eine enge Kooperation mit einer partiellen Personalunion in der Leitung beider Einrichtungen an.

Am 21. April startete offiziell die neue Fraunhofer-Projektgruppe „Entwurfstechnik Mechatronik“ in Paderborn. Die Projektgruppe ist in der fünfjährigen Anlaufphase administrativ an das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen angebunden. Aber auch langfristig streben wir eine Allianz mit dem Fraunhofer IPT an, um Mechatronik-Engineering aus einer Hand zu bieten – vom Entwurf über die Produktionssystementwicklung bis zum Serienanlauf.

„Es gibt in der Region eine große Anzahl mittelständischer Unternehmen, die sich durch ihre Innovationskraft auf dem Weltmarkt behaupten. Gerade bei den kleinen und mittleren Unternehmen zeigt sich aber zunehmend, dass sie allein kaum in der Lage sein werden, Forschung und Entwicklung in der erforderlichen Intensität voranzutreiben. Deshalb brauchen sie die enge Vernetzung mit der angewandten Forschung. Mit der Konzentration auf das Wachstumsfeld Mechatronik werden wir die Stärken des Standorts zielgerichtet ausbauen“, begründet Fraunhofer-Präsident Prof. H.-J. Bullinger die neuen Aktivitäten. Prof. A. Trächtler, Sprecher der Projektgruppe, ergänzt: „Durch die Einbindung in die Fraunhofer-Gesellschaft werden wir unsere erfolgreichen Industrie-



Bestücktes MID-Gehäuse des Miniaturroboters BeBot

kooperationen regional wie überregional ausweiten können. Mit unseren Kompetenzen und unserem Leistungsportfolio wollen wir insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen ein attraktiver und verlässlicher Partner sein.“

### Industrieorientierte Forschung für die Produkte von morgen

Die Projektgruppe konzentriert sich auf den Entwurf mechatronischer Systeme und die Konzeption der dafür notwendigen Produktionssysteme. Sie bietet Leistungen auf drei Kompetenzfeldern an:

#### 1) Produktentstehung

Im Fokus steht hier die Entwicklung innovativer mechatronischer Produktkonzeptionen mit Hilfe fachdisziplinübergreifender Entwicklungsmethoden und -werkzeuge. Dies umfasst auch die Produktoptimierung durch Integration von Mechanik und Elektronik mit Hilfe der MID-Technologie (Molded Interconnect Device) sowie Maßnahmen und Konzepte zum Schutz der Produkte vor Produktpiraterie. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Analyse und Optimierung von Entwicklungsprozessen für eine kosteneffiziente Entwicklung mechatronischer Produkte unter Einbeziehung von Methoden und Werkzeugen des Virtual Prototyping und der Simulation.

#### 2) Regelungstechnik

Moderne mechatronische Systeme werden zunehmend komplexer durch das Zusammenwirken verschiedenartiger Teilsysteme. Die Integration von Mechanik, Hydraulik, Elektronik und Regelungs- und Steuerungstechnik verlangt eine ganzheitliche domänenübergreifende Systembetrachtung und den Einsatz modellbasierter Entwicklungsmethoden. Schwerpunkte im Kompetenzfeld Regelungstechnik sind der modellbasierte Entwurf mechatronischer Systeme, die Regelung komplexer, verteilter Systeme und die Modellierung und Simulation, speziell von Echtzeitanwendungen sowie der Aufbau von HiL-Prüfständen und Prototypen.

#### 3) Softwaretechnik

Die immer umfangreicheren Steuerungsfunktionen sowie die dynamische Vernetzung und Koordination mechatronischer Systeme in Echtzeit wird mit Software realisiert, die



So soll sie aussehen: Dieser Entwurf zeigt die Planung für das erste Gebäude der Zukunftsmeile Fürstenallee. Die Fraunhofer-Projektgruppe ist in die Planungen für dieses Großprojekt eingebunden. Rechts ist das Heinz Nixdorf MuseumsForum zu sehen. (Bild: Entwurf und Visualisierung durch Matern und Wäschle Architekten)



Freuten sich gemeinsam über die neue Projektgruppe, die unter anderem an der Weiterentwicklung solcher vollautomatischer Wäschetrockner arbeiten wird (v.l.): Dr. Markus Miele von der Miele & Cie. KG, Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Dr. Eduard Sailer von Miele, Prof. Dr. Christian Brecher vom ITP Aachen, Uni-Präsident Prof. Dr. Nikolaus Risch, Prof. Dr. Ansgar Trächtler, Sprecher der Projektgruppe, und Prof. Dr. Wilhelm Schäfer, Vizepräsident der Universität.



Viele Teilnehmer aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik trafen sich zum Start der Projektgruppe im Heinz Nixdorf Institut.

mit der Regelung physikalischer Prozesse zusammenspielen und eine besonders hohe Qualität aufweisen muss. Im Kompetenzfeld Softwaretechnik werden fortgeschrittene Prozesse, Methoden und Werkzeuge entwickelt, firmenspezifisch angepasst und eingeführt, welche die Entwicklung hochqualitativer Software sowohl durch modellbasierte Techniken konstruktiv unterstützen als auch analytisch durch Test, Simulation und Verifikation die korrekte Funktion systematisch überprüfen oder sogar nachweisen können.

Die Arbeitsgebiete umfassen Methoden und Werkzeuge, modellbasierte Entwürfe und Softwarelösungen. Die Projektgruppe transferiert Mechatronik-Wissen in die Praxis und unterstützt Unternehmen bei der Entwicklung der Produkte für die Märkte von morgen. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen sollen von der Zusammenarbeit mit der Projektgruppe profitieren, indem sie Unterstützung bei der Einführung neuer

Technologien und damit einhergehender neuer Entwurfstechniken erfahren.

### Technologieführerschaft für Mechatronikentwicklung und Mechatronikproduktion

Die Kooperation mit dem Fraunhofer IPT stellt sicher, dass die dortige Produktionskompetenz für neue mechatronische Systeme von Beginn an in die Entwicklung einfließt. „Wir ergänzen die Produktentwicklung mit der zugehörigen Produktionstechnik und runden damit das Angebot für potentielle Industriekunden mit Aspekten des Prototypenbaus bis hin zur Produktionsoptimierung im laufenden Prozess ab.“, so Prof. F. Klocke, Leiter des Fraunhofer IPT und Lehrstuhlinhaber für Technologie der Fertigungsverfahren an der RWTH Aachen. Durch die Einbindung der Projektgruppe in das Fraunhofer IPT und das daraus resultierende Potential im Know-how-Transfer ist eine ausgezeichnete Verknüpfung zwischen der Entwurfs- und Produktionstechnik mechatronischer Systeme gelungen.

Darüber hinaus bildet die Projektgruppe einen Kern des Forschungs- und Entwicklungsclusters „Zukunftsmeile Fürstenallee“ in Paderborn. Durch die enge Verknüpfung mit dem Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist ein starker Bezug zur Forschung sichergestellt. Die drei an der Fraunhofer-Projektgruppe beteiligten Professoren Jürgen Gausemeier, Wilhelm Schäfer und Ansgar Trächtler leiten leistungsfähige Arbeitsgruppen am Heinz Nixdorf Institut.

Es ist geplant, dass sich mittelfristig aus der Projektgruppe ein eigenständiges Fraunhofer-Institut entwickelt. Das Land Nordrhein-Westfalen hat für den fünfjährigen Aufbau der Projektgruppe eine Anschubfinanzierung in Höhe von 5 Mio. Euro bereitgestellt. Erreicht die Projektgruppe bis zur Evaluierung im Jahr 2014 alle geforderten Ziele, kann 2015 die Institutsgründung erfolgen.



Die Broschüre „Mechatronik – Maschinenbau der Zukunft“ informiert über die Leistungsangebote der Projektgruppe. Sie können sie jederzeit auf [www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik](http://www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik) herunterladen oder ein Printexemplar anfordern unter [mechatronik@ipt.fraunhofer.de](mailto:mechatronik@ipt.fraunhofer.de).

<http://www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik>

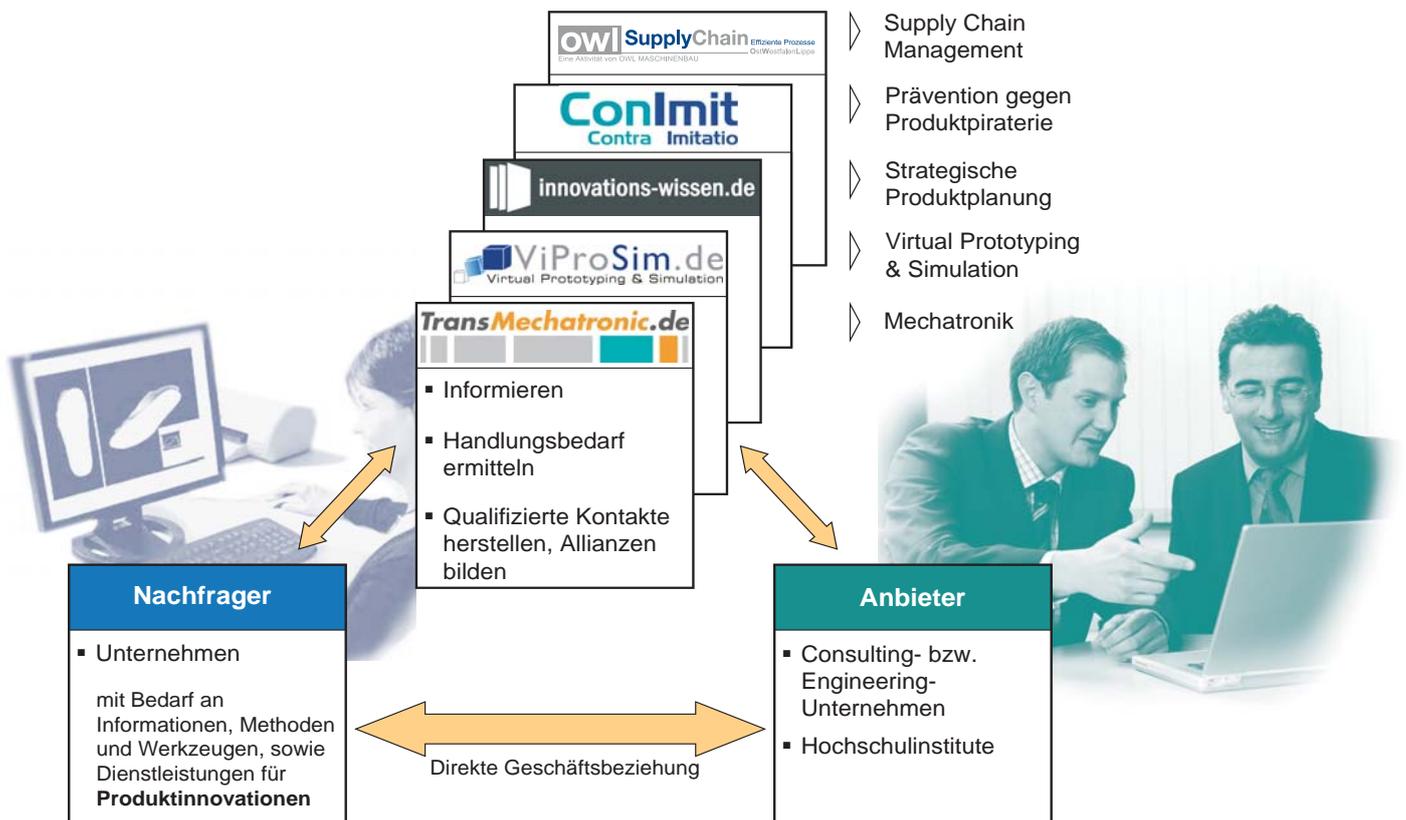
## Fünf erfolgreiche Internetportale

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 kein Mangel an Informationen und Instrumenten, um innovative Produkte hervorzubringen. Es mangelt insbesondere in den vorwiegend mittelständisch geprägten Unternehmen an Wissen über die Möglichkeiten, 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:

- **conimit.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
- **owl-supplychain.de** mit praxiserprobten Konzepten und wissenschaftlich fundierten Ansätzen zum Thema Supply Chain Management
- **transmechatronic.de** mit Wissenswertem zum Gebiet Mechatronik (Projekträger: Forschungszentrum Karlsruhe PTKA)
- **viprosim.de** mit Informationen zum Thema Virtual Prototyping und Simulation (Projekträger: NRW.Bank)

Die Funktionalität dieser Fachportale gliedert sich in die Bereiche:

- **Informieren rund um das jeweilige Thema:** Studien, Ratgeber, Fachartikel, Bücher, Aufsätze, Konferenzbeiträge, Newsletter, Veranstaltungen u. v. m.
- **Ermitteln des Handlungsbedarfs:** In welchen Handlungsfeldern hat ein Unternehmen Defizite im Branchenvergleich?
- **Bereitstellen von Handlungsleitfäden:** Mit welchen Aktivitäten kann ein Unternehmen die identifizierten Schwachstellen beseitigen oder sogar eine Spitzenposition einnehmen?
- **Nennen der geeigneten Methoden und Werkzeuge** zur effizienten Bearbeitung der Aktivitäten: Checklisten, Präsentationen, Excel-Tabellen, Arbeitsblätter u. v. m.
- **Herstellen von qualifizierten Kontakten** zwischen Nachfragern und Anbietern entsprechender Dienstleistungen: Vermittlung von ausgewiesenen Experten, die mit Fachwissen und Methodenkompetenz bei der Erreichung der Ziele unterstützen.



Das Heinz Nixdorf Institut betreibt in Kooperation mit Partnern fünf Internetportale für Produktinnovationen.

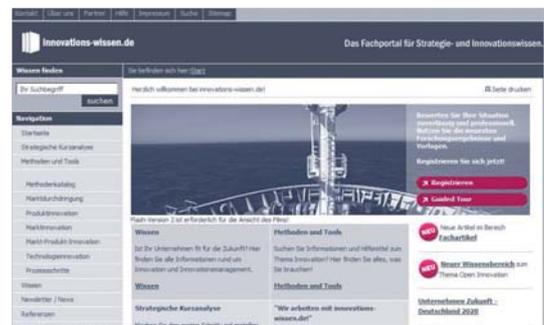
**www.conimit.de**

Die Projekte der BMBF-Forschungsoffensive „Innovationen gegen Produktpiraterie“ entwickeln Maßnahmen für wirksamen Schutz produzierender Unternehmen vor Produktpiraterie. Als Begleitmaßnahme unterstützt Conlmit den Transfer der Forschungsergebnisse in die nicht geförderte Industrie. Ziel ist der Aufbau eines Expertennetzwerks, das Unternehmen bei der Realisierung von individuellen Schutzkonzepten unterstützt. Die Plattform bietet hierzu u. a. eine Bedarfsanalyse und eine Datenbank mit Schutzmaßnahmen und Experten.



**www.innovations-wissen.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 weiter; es liefert dem Praktiker Informationen und konkrete Hilfe wie z. B. Excel- und Powerpoint-Vorlagen, Checklisten, Fallbeispiele sowie Anwendungsleitfäden für die strategische Planung der Produkte und Produktionssysteme für die Märkte von morgen.



**www.owl-supplychain.de**

Unter dem Motto „Von Erfolgreichen lernen“ werden im Fachportal www.owl-supplychain.de sowohl praxiserprobte Konzepte von BestPractice-Partnern als auch in Verbundprojekten mit der Wissenschaft entwickelte Ansätze für das Supply Chain Management bereitgestellt. Das Portal ermöglicht es Unternehmen sich eigenständig über Methoden zur Optimierung ihrer Abläufe zu informieren sowie Kontakt zu entsprechend kompetenten Beratern des jeweiligen Bedarfsfeldes aufzunehmen.



**www.transmechatronic.de**

Das Fachportal TransMechatronic dient dem Transfer von Forschungsergebnissen aus dem Bereich der Mechatronik in die industrielle Praxis. Es informiert grundlegend über Mechatronik und über aktuelle Forschungsprojekte. In hochwertigen Fachbeiträgen werden ausgewählte Themen vertieft und regelmäßig aktualisiert. Aktuell wird TransMechatronic zu einer Kommunikationsplattform im Sinne des Web 2.0 ausgebaut, die eine leichte Vernetzung von Wissenschaftlern und Anwendern ermöglicht und somit den Transfer effizienter gestalten kann.



**www.viprosim.de**

Virtual Prototyping und Simulation (VPS) bedeutet digitale Modelle von in Entwicklung befindlichen Produkten zu bilden und zu analysieren. Dies verkürzt den Produktentstehungsprozess und steigert die Qualität der Erzeugnisse. Das Fachportal zeigt Nutzen und Einsatzmöglichkeiten von VPS auf. Entscheidern und Experten aus Industrie und Wissenschaft wird eine Wissens- und Kontaktvermittlung zur Verfügung gestellt. So wird Wissen in die Industrie transferiert und eine Leistungssteigerung in der Produktentwicklung gefördert.



## 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. 2010 haben 93 Studierende bei uns die Diplomarbeit erstellt; 21 Studierende haben ihre Masterarbeit bei uns geschrieben. 14 besonders begabte Absolventinnen und Absolventen promovierten in diesem Jahr bei uns.

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 Konfigurierung in offenen Systemen“ unter der Leitung von Prof. U. Rückert seine Arbeit auf. Nach einer Startfinanzierung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft 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 mittlerweile dreizehn 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 elf Professoren der Universität Paderborn betreuen im Berichtsjahr insgesamt 50 Studierende aus elf Ländern. Bisher wurden 60 Promotionen erfolgreich abgeschlossen, vier davon in 2010. Eine Evaluation des Internationalen Promotionsprogramms (IPP) vom Deutschen Akademischen Austausch Dienst (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 AG, dSpace GmbH, Fraunhofer, initplan GmbH, Keiper GmbH, Knorr-Bremse GmbH und TRW Automotive GmbH.



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 zwei Juniorprofessoren und vier Habilitanden:

**Jun.-Prof. Dr.-Ing. Steffen Becker** ist Juniorprofessor in der Fachgruppe Softwaretechnik (Prof. W. Schäfer). In Forschung und Lehre beschäftigt er sich mit der quantitativen Bewertung komponenten- oder dienstbasierter Softwarearchitekturen. Diese werden zur Auswertung insbesondere mit modellgetriebenen Techniken in formale Analysemodelle (Markovketten, Warteschlangennetze, o.ä.) übersetzt.

**Dr.-Ing. Jan Berssenbrügge** ist Habilitand in der Fachgruppe Produktentstehung (Prof. J. 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.

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

**Dr. rer. pol. Christoph Laroque** ist Habilitand in der Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM (Prof. W. 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. Rafael Radkowski** ist Habilitand auf dem Gebiet Virtual Prototyping in der Fachgruppe Produktentstehung (Prof. J. 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.



## Berufsausbildung am Heinz Nixdorf Institut

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 sieben Auszubildende auf ihr Berufsleben vorbereitet. Jedes Jahr nehmen wir in der Regel drei Auszubildende auf.

### 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 Informations- und Kommunikationslösungen nach den gegebenen Anforderungen. Hierfür vernetzen sie Hard- und Softwarekomponenten zu komplexen Systemen. Nach ihrer Ausbildung arbeiten sie in Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftsbereiche, v. a. aber in der IT-Branche.

Die Berufsausbildung dauert drei 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 dreieinhalb Jahre und schließt mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer ab.

Seit unserem Engagement in diesem Bereich haben bei uns 17 junge Menschen eine Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen:

#### Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Kevin Mika

#### Informatikkauffrau:

- Alexandra Held

#### Fachinformatiker – Fachrichtung Systemintegration:

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| ▪ Michael Appel         | ▪ Urszula Pisarska    |
| ▪ Daniel Beyer          | ▪ Pascal Schaefer     |
| ▪ Marco Fuhrmann        | ▪ Simon Stork         |
| ▪ Dennis Kierdorff      | ▪ Yves-Andre Thiel    |
| ▪ Anne-Katrin Künsting  | ▪ Alexandra Thumann   |
| ▪ Sebastian Langenhorst | ▪ Christian Tolksdorf |
| ▪ Florian Müller        | ▪ Nick Wherrett       |
| ▪ Melanie Nettusch      | ▪ Christoph Zirnsak   |
| ▪ Stefan Ortner         |                       |

## 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. Thomas Bopp



**Unternehmen**  
Orga Systems GmbH

Thomas Bopp ist Senior System Engineer bei der Orga Systems GmbH, einem führenden Anbieter für konvergente Echtzeit-Abrechnungssysteme, in Paderborn und verantwortlich für die Produktarchitektur des JEE-Modules des OPSC Gold Billing Systems.

Promotion 2006  
bei Prof. Keil

### Dr.-Ing. Sven-Kelana Christiansen



**Unternehmen**  
Lufthansa Technik AG

Sven-Kelana Christiansen ist in der strategischen Unternehmensentwicklung verantwortlich für die Vorbereitung und Durchführung von Kooperationen sowie die Weiterentwicklung der Verbundstandorte in Nord- und Südamerika.

Promotion 2009  
bei Prof. Gausemeier

### Prof. Dr. rer. nat. Marcelo Götz



**Universität**  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Marcelo Götz ist Professor an der Universidade Federal do Rio Grande do Sul in Brasilien. Seine Forschungsgebiete sind verteilte eingebettete Systeme, Betriebssysteme und rekonfigurierbare Systeme.

Promotion 2007  
bei Prof. Rammig

### Dr.-Ing. Jewgenij Harchenko



**Unternehmen**  
MLaP

Jewgenij Harchenko ist Projektleiter im Bereich der Entwicklung mechanischer Fahrwerkskomponenten beim MLaP. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit ist die Betreuung von Industrieprojekten mit der Bundeswehr.

Promotion 2010  
bei Prof. Trächtler

### Prof. Dr. Sabine Sachweh



**Universität**  
Fachhochschule Dortmund

Sabine Sachweh vertritt das Lehrgebiet „Angewandte Softwaretechnik“ im Fachbereich Informatik mit Lehrveranstaltungen aus den Bereichen: Programmierung, Requirements Engineering, Softwarearchitektur, -management und Formale Methoden.

Promotion 1998  
bei Prof. Schäfer

### Prof. Dr. Rolf Wanka



**Universität**  
Friedrich-Alexander-Universität

Rolf Wanka ist Professor für Effiziente Algorithmen und Kombinatorische Optimierung am Department Informatik der FAU Erlangen-Nürnberg. Seine Forschungsschwerpunkte sind u. a. naturinspirierte Optimierungsverfahren und Approximationsalgorithmen.

Promotion 1994  
bei Prof. Meyer auf der Heide

# 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

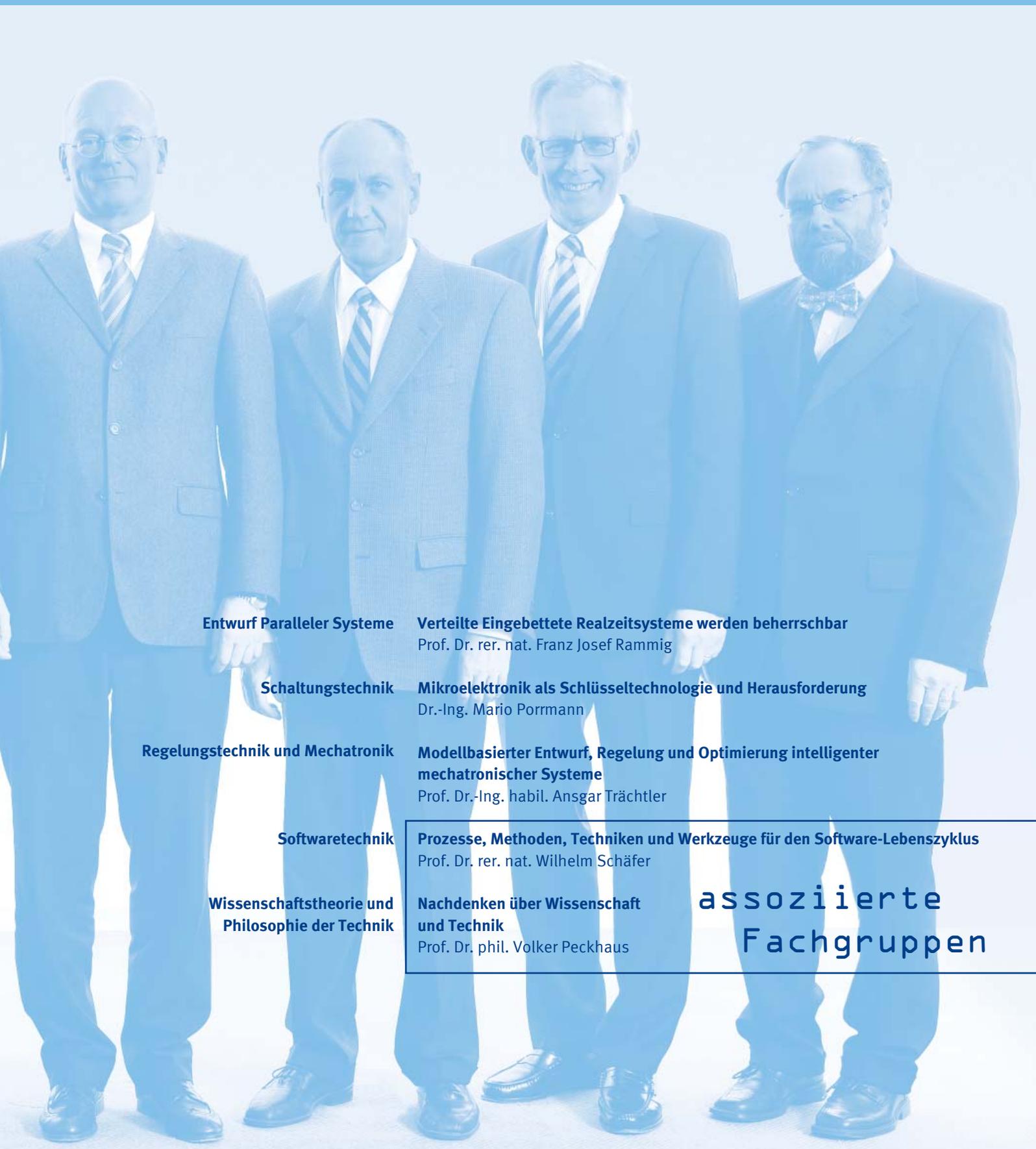
#### **Algorithmen und Komplexität**

**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**

Dr.-Ing. Mario Pormann

**Regelungstechnik und Mechatronik**

**Modellbasierter Entwurf, Regelung und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme**

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

**Softwaretechnik**

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

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

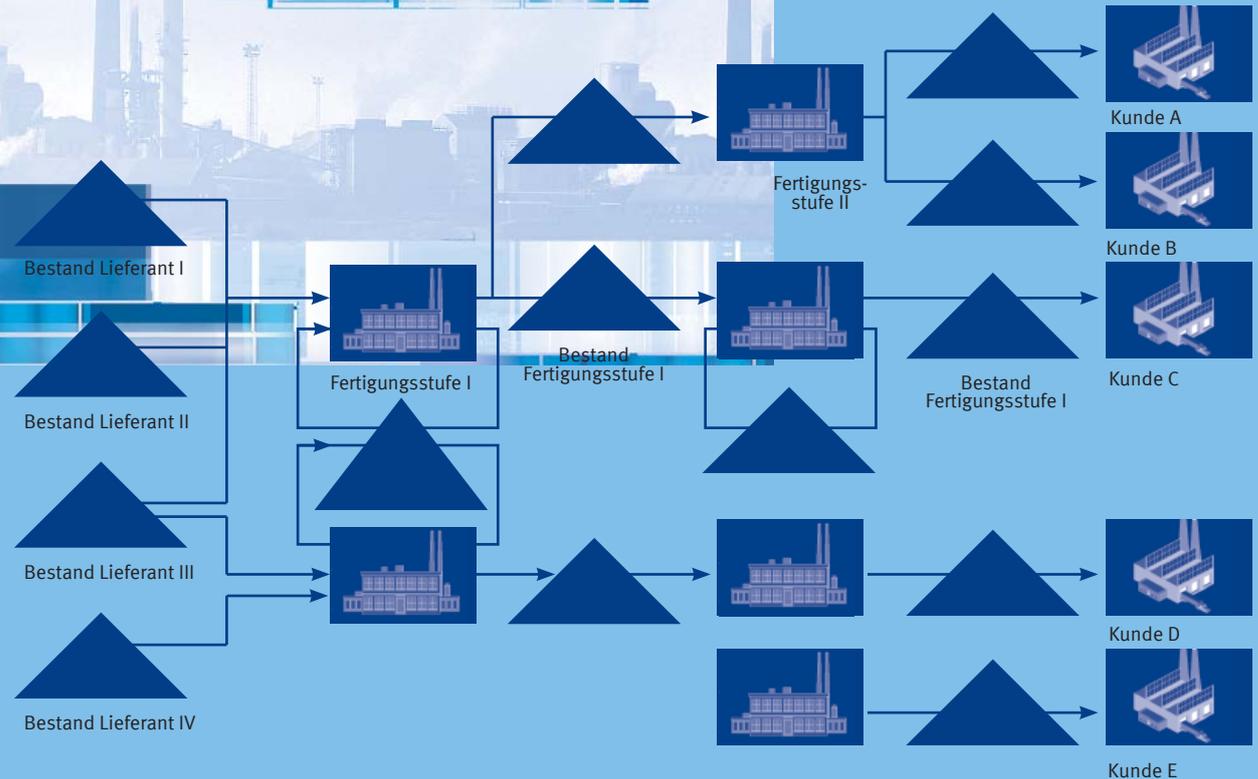
**Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**

**Nachdenken über Wissenschaft und Technik**

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

**assoziierte  
Fachgruppen**

# Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM 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**

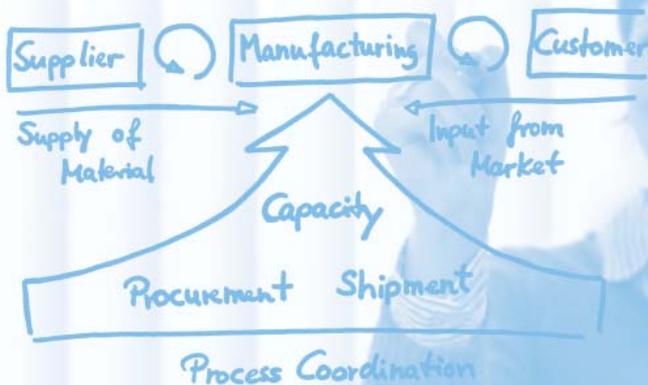
Im weltweiten Kampf um Marktanteile besteht die Strategie der meisten deutschen Unternehmen darin, sich von den Wettbewerbern durch ein individuell auf den Kunden abgestimmtes Produkt- und Dienstleistungsangebot abzuheben. Für den Kunden liegt der Vorteil auf der Hand, wenn sich Ware und/oder Dienstleistung 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.



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



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



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



Dangelmaier, W.; Blecken, A.; Delius, R.; Klöpfer, S. (Eds.) Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010, Paderborn, Deutschland, 21. – 22. April, 2010, Proceedings. Springer Verlag 2010.

# Koordination der Planungsprozesse in der Automobilzulieferindustrie

## Praxiskooperation TRW Automotive

Nach der historischen Krise der letzten zwei Jahre erholt sich die weltweite Automobilzulieferindustrie zunehmend. Die Auftragsbücher füllen sich und man profitiert von den wachsenden Exporten in

die ausländischen Märkte. Dennoch haben die Zulieferer mit den Nachwirkungen der Krise zu kämpfen, da der auf sie wirkende Kostendruck noch

verstärkt wurde. Um diesem begegnen zu können, müssen die Geschäftsprozesse innerhalb der Wertschöpfungskette optimiert und die Kapitalbasis der Unternehmen stabilisiert werden. Insbesondere Letzteres ist nach der Krise wichtig, um vom Aufschwung profitieren zu können. Erstrebenswert für die Zulieferer ist eine Reduzierung der Bestände und des Umlaufvermögens ohne die Lieferfähigkeit zum Kunden zu gefährden. Die sich von diesen Zielen ableitenden Anforderungen an die Planungsprozesse sind umfangreich und in einigen Fällen auch gegensätzlich. Zudem ist die planungsrelevante Datenbasis sehr komplex und Auswirkungen von einzelnen Planungsschritten beeinflussen immer alle Zielvorgaben unterschiedlich, weshalb erst der Einsatz von planungsunterstützenden Informationssystemen die gesamte Planungskomplexität handhabbar macht. Existierende Planungsansätze werden oft der Tatsache nicht gerecht, flexibel den herrschenden Anforderungen angepasst

werden zu können. Zudem konzentrieren sich die Verfahren meist nur auf einzelne Planungsbereiche einer Unternehmung. Abhängig vom jeweiligen Ansatz ist eine kostenoptimale Planung unter Einbeziehung aller Zielvorgaben nicht möglich, was der angestrebten Zielerreichung nicht gerecht wird.

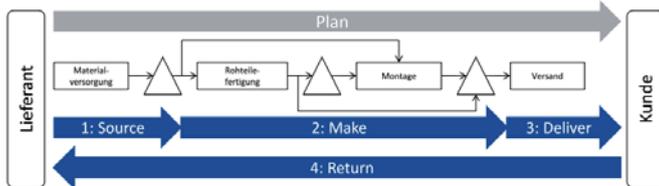
### Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund wird in Kooperation mit der TRW Automotive ein neuer Ansatz zur Planung der Fertigungsprozesse erarbeitet. Durch Anwendung exakter Optimierungsverfahren werden innerhalb eines Planungshorizontes von zwei Monaten die Produktionskapazitäten des gesamten Werkes geplant, sowie eine optimale Produktionssequenzierung ermittelt. Eine Parametrisierung der Zielfunktion ermöglicht es dem Verfahren, Ergebnisse mit unterschiedlicher Güte zu finden. So kann eine rein kostenbasierte Planung erfolgen, es ist aber auch möglich mit priorisierten Vorgaben zu planen, auch wenn diese nicht notwendigerweise kostenoptimal sind. Zusätzlich zur Bestimmung der Produktionskapazitäten beinhaltet der Planungsansatz auch die Gewährleistung der Material- und Personalverfügbarkeit, um das ermittelte Produktionsprogramm erfüllen zu können.

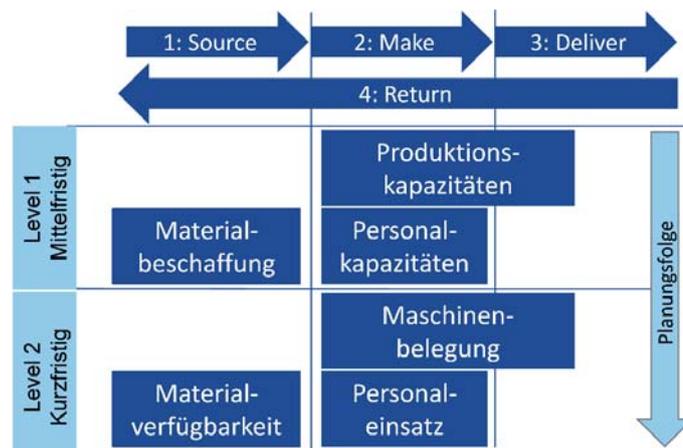
Die Planungsaufgaben decken die elementaren Geschäftsprozesse der Unternehmung ab und gliedern sich in sechs hierarchisch gekoppelte Planungsmodelle auf. Diese Modelle werden in einem Top-Down-Ansatz sukzessive geplant und

Teilergebnisse zwischen den Modellen weitergereicht.

Als endgültiges Ergebnis liefert das Verfahren, unter Einbeziehung der aktuellsten Plandaten, einen auf Basis von entstehenden Kosten bewerteten Produktionsplan für die gesamte Fertigung.



Planungsaufgaben entlang der Geschäftsprozesse



Zuordnung der sechs Partialmodelle zu den Geschäftsprozessen



**Projektpartner:**  
TRW Automotive AG

**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Robin Delius  
E-Mail: Robin.Delius@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 79

# Two-Level Lotsizing and Scheduling in der Automobilindustrie

Praxiskooperation mit Keiper GmbH & Co. KG

In den vergangenen Jahren hat sich der Druck auf Automobilzulieferer von verschiedenen Seiten erhöht. Um Konkurrenzfähigkeit sicherzustellen, müssen umfassende organisatorische und technologische Anpassungen vorgenommen werden, auch um zukünftige Krisen erfolgreich zu bewältigen. Eine zentrale Maßnahme ist die Senkung der Produktionskosten. Verbesserungspotentiale ergeben sich durch technologische Unterstützung bisher manuell durchgeführter Planungs- und Steuerungsaufgaben.

## Zielsetzung

In einem Kooperationsprojekt mit der Firma Keiper wird eine neue Methode entwickelt, die unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Nebenbedingungen kostenoptimale Produktionspläne für den operativen Zeithorizont erzeugt. Ergebnisse sind Schichtpläne, Losgrößen und Produktionstermine. Das entwickelte Verfahren kombiniert die bekannten Optimierungsmodelle CLSP und DLSP. Etablierte Optimierungssoftware zur Lösung von gemischt-ganzzahligen Optimierungsmodellen reduziert den Entwicklungs-, Implementierungs- und Integrationsaufwand.

Oberste Priorität hat die Verfügbarkeit gegenüber dem Kunden. Zweite und dritte Priorität haben die Auslastung der Anlagen und die Auslastung des Personals. Weil das Entfernen angebrochener Stahlbandrollen aus der Anlage für das Personal mit Gefahren verbunden ist und die abgespannten Stahlbandrollen aus technischen Gründen nicht mehr verwendet werden können, werden die Lose als ganzzahlige Vielfache der Rohmaterialeinheiten ausgelegt. An fünfter Stelle in dieser Zielhierarchie folgt die Einhaltung der Wartungsintervalle der Werkzeuge.

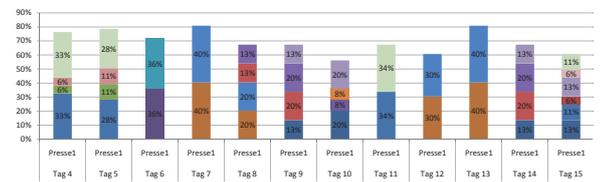
Um nicht mit ständig veränderten Daten aufwändige Modelle zu betreiben, wird der Planungshorizont in zwei Bereiche – einen Feinplanungsbereich für die nächsten drei Tage und einen Grobplanungsbereich für die danach folgenden zehn Tage – unterteilt. Der Planungshorizont wird dann täglich um einen Tag in die Zukunft verschoben und eine Neuplanung mit den zusätzlichen bzw. aktualisierten Bedarfsdaten vorgenommen.

Die rollierende Planung bringt jedoch auch Nachteile mit sich. Die ständige Verfügbarkeit gegenüber dem Kunden kann nicht garantiert werden, da Bedarfsspitzen hinter dem Planungshorizont nicht eingeplant werden können. Bedarfsschwankungen führen zu Planänderungen, welche die Akzeptanz der Planungsverfahren in der Praxis beeinträchtigen. Um diesen Problemen zu begegnen, wird ein Mindestbestand am Ende des Planungshorizontes dynamisch bei jedem Planungslauf für jedes Teil bestimmt. Das Verfahren vermeidet das gleichzeitige Auslaufen des Bestandes von unterschiedlichen Produkten, so dass sich ein Produktionsrhythmus einstellt. Die Ergebnisse der Feinplanung werden als Gantt-Diagramm und die Ergebnisse der Grobplanung als Auslastungs- oder Produktionsmengendiagramm dargestellt.

## Ergebnisse

Der Vergleich des neuen Verfahrens mit bisherigen Methoden zeigt signifikante Verbesserungen: Vollständige Verfügbarkeit bei dynamischem Abfrageverhalten des Kunden wurde bei weitgehender Konzentration der Maschinenlaufzeiten und des Personaleinsatzes auf Normalarbeitszeiten gewährleistet. Neben der erhöhten Kundenzufriedenheit wurden in einer Testphase 12% Gesamtproduktionskosten eingespart. Aufgrund der verbesserten und stabileren Planung wird auch die Planbarkeit von benachbarten Primär- und Sekundärprozessen verbessert und weitere Kosten werden eingespart.

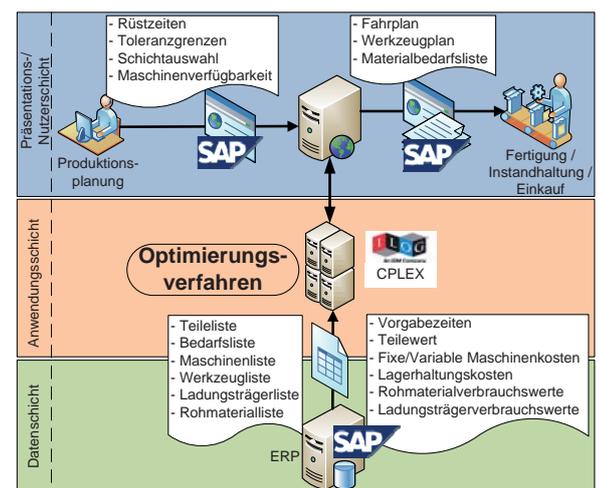
Das Planungsverfahren wird dabei in bestehende ERP-Software integriert. Das reduziert Schulungs- und Wartungsaufwand, vermeidet doppelte Datenhaltung und erhöht die Nutzerakzeptanz.



Auslastungsdiagramm zur Visualisierung der Grobplanungsergebnisse



Gantt-Diagramm zur Visualisierung der Feinplanungsergebnisse



Integration des Planungssystems in bestehende ERP-Software

**Projektpartner:**  
Keiper GmbH & Co. KG

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Inf. Daniel Brodkorb  
E-Mail: Daniel.Brodkorb@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 87

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

## Der Materialflusssimulator d<sup>3</sup>FACT insight

Ein service-orientiertes Konzept zur Ablaufsimulation von Fertigungs- und Logistikprozessen



3D-Visualisierung der automatisierten Wegfindung

Die Ablaufsimulation ist ein zentrales Instrument heutiger Fabrikplanungsprozesse. Aufgrund von steigenden Investitionskosten nimmt ihre Bedeutung stetig zu. Sie dient der digitalen Planungsabsicherung, Variantenplanung und -bewertung und verkürzt die entsprechenden Entwicklungszyklen auch durch die visuelle Darstellung von Anlagen und Prozessen. Aus dieser Motivation heraus ist das Forschungsprojekt d<sup>3</sup>FACT in Kooperation mit der Fachgruppe Algorithmen und Komplexität entstanden. Es wird ständig mit Hilfe von Diplom- und Studienarbeiten, aber auch durch die wissenschaftlichen Mitarbeiter sowie studentische Hilfskräfte weiterentwickelt. Teilweise sind Einzelprojekte durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt. Die Besonderheit dieses „General Purpose“-Simulators – im Vergleich zu Simulatoren, die auf dem Markt erhältlich sind – liegt in der Erweiterbarkeit und der Mehrbenutzerverwaltung. Letztere wird durch eine Client-Server-Architektur erreicht und erlaubt das gleichzeitige, kooperative Modellieren und Simulieren eines Modells durch mehrere Experten.

Die Erweiterbarkeit bezieht sich zum einen auf das Simulationsmodell, welches leicht um neue Komponenten erweitert werden kann, zum anderen auf den Server, der durch eine Service-orientierte Architektur im laufenden Betrieb erweitert und an neue Aufgaben angepasst werden kann.

### Erweiterbares Modell und wiederverwendbare Komponenten

In d<sup>3</sup>FACT können prinzipiell beliebige Simulationsmodelle aufgebaut und simuliert werden. Dafür müssen auch bereits existierende Modelle und Modellkomponenten um neue Funktionen und Eigenschaften erweitert werden können, ohne diese einem „Redesign“ zu unterziehen.

Hierzu wurde eine Modellstruktur und -beschreibung entwickelt, mit der bereits vorhandene Modelle und deren Kom-

ponenten nachträglich mit neuen und zusätzlichen Eigenschaften ausgestattet werden können, so dass sich die vorhandenen Komponenten in sehr vielen unterschiedlichen Simulationsmodellen wiederverwenden lassen.

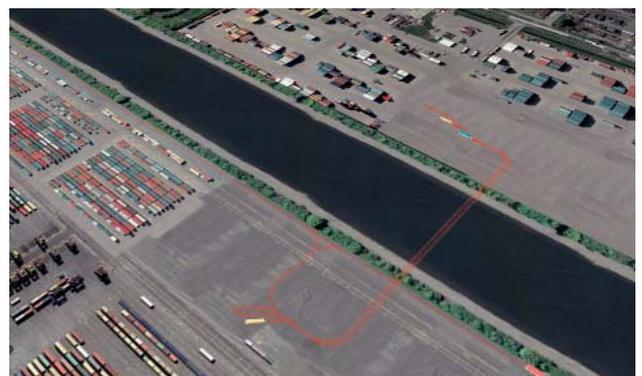
### Verschiedene Darstellungen eines Simulationsmodells

Durch die Fähigkeit, ein Modell von mehreren Benutzern gleichzeitig bearbeiten zu lassen, ergeben sich interessante neue Fragestellungen. So kann z. B. der eine Benutzer an einem leistungsstarken Rechner, der andere Benutzer über eine lange Datenleitung in Übersee vor einem Browser sitzen.

Für dieses Szenario wurde der Simulator dahin gehend entwickelt, dass er zu einem Simulationsmodell verschiedene Visualisierungsmodelle bereitstellen und laden kann. Dadurch ist es möglich, eine an den Client angepasste Visualisierung zu laden, aber auch verschiedene Visualisierungsmodelle für ganz unterschiedliche Aspekte und Benutzergruppen bereitzustellen.

### Derzeitige Projekte

Aktuell wird die integrierte, automatisierte Wegfindung für Transportfahrzeuge in hochkomplexen Fabrikhallen verbessert. Verschiedene Projekte erweitern die Komponentenbibliothek um konfigurierbare Lagerelemente, die Unterstützung für Agentensimulationen und einfache Starre-Körper-Simulation. Ein weiteres Projekt befasst sich mit der effizienten Darstellung komplexer Simulationsmodelle in Webbrowsers.



3D-Visualisierung einer Shuttle-Simulation

#### Gefördert durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



#### Kontakt:

Dipl.-Inform. Hendrik Renken  
E-Mail: [Hendrik.Renken@hni.upb.de](mailto:Hendrik.Renken@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 65

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

## DFG-Projekt „MMeAS“

### Modellbasierte Methoden zur echtzeitnahen Adaption und Steuerung von Distributionssystemen

In der Distributionslogistik stellt die zunehmende Dynamisierung der Märkte eine erhebliche Herausforderung dar, der nur durch eine steigende Dynamik der Abwicklungsprozesse und Strukturen begegnet werden kann.

Im Rahmen des durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts „Modellbasierte Methoden zur echtzeitnahen Adaption und Steuerung von Distributionssystemen“ forscht die Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM in Kooperation mit der TU Dortmund auf zwei Ebenen an neuartigen Methoden im Bereich der dynamischen Distributionslogistik. Auf der Ebene der Netzwerkadaptivität werden belastungsorientierte Modellierungs- und Bewertungsrahmen sowie simulationsbasierte Methoden zur Entscheidungsunterstützung entwickelt.

Auf der intralogistischen Ebene, also beispielsweise für ein einzelnes Distributionslager, ist eine ereignisorientierte und adaptive Steuerung des Materialflusses mittels fahrerloser Transportfahrzeuge im Fokus. Solche Fahrzeuge werden hier eingesetzt, um gegebene Transportprobleme (Ein- und Auslagerung bzw. Bereitstellung von Material) unter zeitlichen Restriktionen möglichst gut zu lösen.

Aufgrund von Bedarfsschwankungen im Distributionsnetzwerk und Unsicherheiten im realen Ablauf kann eine einmal im Voraus berechnete, statische Einsatzplanung der Fahrzeuge nur selten wie erwartet ausgeführt werden. Aus diesem Grund wurde ein simulationsbasiertes Verfahren entwickelt, das anhand der aktuellen Systemmerkmale Steuerungsregeln aufschlüsselt und so auf die momentan vorliegende Situation reagieren kann.

#### Wissensbasierte Materialflusssteuerung

Zunächst wurde das Verfahren auf das Problem der Wegfindung von fahrerlosen Transportfahrzeugen innerhalb eines Distributionszentrums angewendet. Dabei wird insbesondere beachtet, welche Transportaufträge momentan bearbeitet werden, und es kann auf Störungen angemessen reagiert werden. Es konnten hier wesentliche Fortschritte im Vergleich zu traditionellen Wegfindungsalgorithmen erzielt werden. Um größtmögliche Flexi-

bilität zu bewahren, plant das Verfahren nur inkrementelle Teilpfade mittels bereits entwickelten Methoden aus der Informatik. Es wird in jedem Schritt eine Steuerungsregel zur weiteren Pfadberechnung ausgewählt. Diese Steuerungsregeln stellen notwendige Priorisierungen zwischen zwei Fahrzeugen dar, die sich ansonsten beeinträchtigen würden.

Die kritische Auswahl der in der aktuellen Situation optimaler Steuerungsregel geschieht mithilfe eines wissensbasierten Verfahrens. Dazu wird vor dem operativen Einsatz eine Wissensbasis aufgebaut, die induktiv aus in der Simulation angebotenen und gelösten Situationen, den sogenannten Trainingsbeispielen, lernen kann. Bei der offline berechneten Lösung können in der Simulation kurze Zeit später auftretende Ereignisse sowie sämtliche andere Informationen des Systemzustandes berücksichtigt werden.

Die Trainingsbeispiele werden so breitgefächert generiert, dass in der Praxis auftretende Situationen dem System bereits bekannt sind und so die optimale Steuerungsregel ausgewählt werden kann.

Der Vorteil an dem Verfahren liegt darin, dass die Auswahl durch Zurückgreifen auf die Wissensbasis schnell erfolgen kann, und dennoch komplexe Berechnungen und große zeitliche Horizonte in die Entscheidung einfließen.

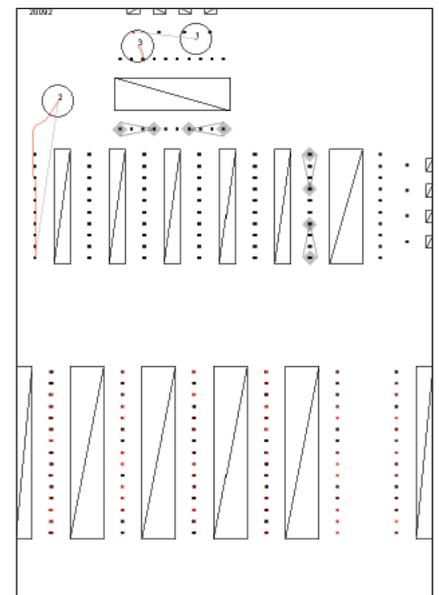
#### Implementierung und Ergebnisse

Der Materialflusssimulator d<sup>3</sup>FACT insight, der an der Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM und an der Fachgruppe Algorithmen und Komplexität entwickelt wird, wurde um eine Komponente zur Implementierung des Verfahren erweitert. Zur Repräsentation des Wissens wurden Methoden der künstlichen Intelligenz verwendet, nämlich Neuronale Netze und Entscheidungsbäume. Mittels einer 2D-Visualisierung lassen sich die Transportfahrzeuge symbolisch darstellen und ihre Pfadberechnungen anzeigen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass das Verfahren eine steigende Anzahl an Trainingsbeispielen nutzen kann – die korrekte Klassifikationsrate steigt – und innerhalb von Millisekunden situationsabhängig die gelernte Steuerungsregel auswählt.



Zusammenhang zwischen Supply Chain und Intralogistischer Ebene



2D-Visualisierung der Simulation in d<sup>3</sup>FACT insight: Die zu steuernden Fahrzeuge (Kreise) sowie Lagertypen (Rechtecke) werden symbolisch dargestellt. Der aktuell berechnete Teilpfad jedes Fahrzeuges wird ebenfalls angezeigt.

Gefördert durch:  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

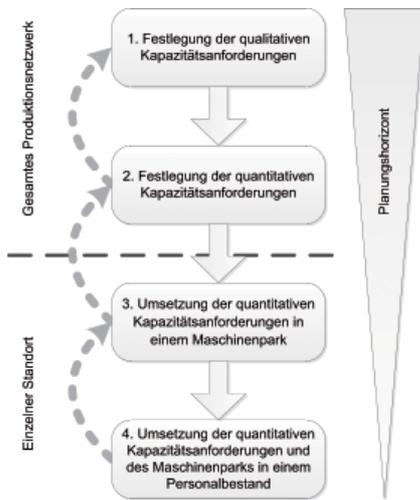
#### Kontakt:

M.Sc. Alexander Klaas  
E-Mail: [aklaas@hni.upb.de](mailto:aklaas@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 26

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

# Hierarchische Dimensionierung

Ein Ansatz für die Planung unternehmensinterner Produktionsnetzwerke



Zusammenspiel der Planungsebenen der Hierarchischen Dimensionierung

## Motivation

Die Entwicklungen auf dem Schienenfahrzeugmarkt sind geprägt durch eine zunehmende Globalisierung sowie Konsolidierungen unter den Subsystemanbietern. In diesem Zusammenhang spielt die Erschließung neuer Märkte mit einem großen Marktwachstum eine bedeutende Rolle. Dies führt zu einer Erweiterung der Produktvielfalt, z. B. durch länderspezifische Produktvarianten, sowie immer komplexeren logistischen Abhängigkeiten zwischen den global verteilten Produktionsstandorten. Durch diese Veränderungen werden die Planung der einzelnen Produktionsstandorte und ihre genaue Abstimmung aufeinander immer wichtiger, weshalb die Planungsprozesse der Subsystemanbieter immer mehr an Bedeutung gewinnen. Gleichzeitig kommt es dadurch zu einer Steigerung der Planungskomplexität, die die bestehenden Planungsprozesse vor große Herausforderungen stellt. Diese gilt es im Hinblick auf die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu meistern. In Kooperation mit Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge in München wird ein hierarchisches Planungsverfahren entwickelt, das den Anforderungen an die Planung einer global verteilten Produktion gerecht wird.

## Konzept

Die Gesamtplanungsaufgabe ist die optimale Dimensionierung des aus den Standorten und ihren leistungswirtschaftlichen Beziehungen bestehenden Produktionsnetzwerks. Sie wird anhand der zeitlichen Reichweite der Entscheidungen, des Planungsgegenstandes und der Entscheidungsebenen des Unternehmens in vier Teilaufgaben gegliedert. Diese werden durch geeignete Koordinationsprozesse zu einem hierarchischen Gesamtprozess verbunden. Dabei werden die einzelnen Teilprobleme durch mathematische Optimierungsmodelle abgebildet und gelöst.

Die grundsätzliche hierarchische Struktur der Gesamtplanungsaufgabe und das Zusammenspiel der Ebenen ist in obiger Abbildung dargestellt. Auf der obersten Ebene der Hierarchie findet die Festlegung der qualitativen

Kapazitätsanforderungen statt, wodurch die langfristige Leistungsfähigkeit der einzelnen Standorte und des gesamten Produktionsnetzwerks bestimmt wird. Dies erfolgt durch die Zuordnung von Produktionsprozessen zu Standorten, womit für jeden Standort festgelegt wird, welche Erzeugnisse an diesem Standort produziert werden können. Die getroffene Zuordnung dient dann als Vorgabe für die untergeordnete Ebene, die Festlegung der quantitativen Kapazitätsanforderungen, und definiert den Rahmen für die hier zu treffenden Entscheidungen. Auf dieser Ebene besteht die Aufgabe darin, ausgehend vom quantitativen Leistungsbedarf, eine gute bzw. optimale Verteilung der Leistungserstellung auf die Standorte zu finden ist. Dabei erfolgt auch die quantitative Bestimmung der Flüsse im Netzwerk. Sind die quantitativen Kapazitätsanforderungen festgelegt, dienen sie wiederum als Vorgabe für die Planung der weiter untergeordneten Ebenen. Auf Ebene 3 erfolgt die Umsetzung der Kapazitätsanforderungen in einem Maschinenpark. Mit dem Ziel der kostengünstigen Bedarfserfüllung werden neben der optimalen Entwicklung des Maschinenbestandes auch Entscheidungen bezüglich der Fremdvergabe einzelner Produkte getroffen. Die hier geplanten Maschinenkapazitäten gehen zusammen mit den quantitativen Kapazitätsanforderungen als Vorgabe in die Ebene 4 ein und werden dort in einen Personalbestand umgesetzt. Der Einfluss der untergeordneten Ebenen auf die übergeordneten Ebenen erfolgt zum einen durch die Antizipation der unteren Ebenen bei der Planung der oberen Ebenen und zum anderen durch mögliche Rückkopplungen.

Dieses hierarchische Planungskonzept wird derzeit in einem Softwareprototyp umgesetzt und anhand von Fallbeispielen aus der Praxis evaluiert.

### Projektpartner:

Knorr-Bremse SFS GmbH

### Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Inf. Dietrich Dürksen  
E-Mail: Dietrich.Duerksen@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 89

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

## Online-Optimierung bei Discrete Lotsizing Produktion und rollierendem Horizont

Bestellungen liegen nur für einen bestimmten Zeitraum vor. Im Laufe der Zeit werden neue Bestellungen bekannt. Eine Produktionsplanung kann daher niemals auf alle Bestellungen zugreifen – bekannt ist nur ein bestimmter Ausschnitt aus der Zukunft, der Planungshorizont. Wenn damit eine Planung zukünftige Bestellungen schon nicht vollständig kennt und daher die Produktion auch nicht optimal darauf ausrichten kann, so sollten doch keine Sachverhalte geschaffen werden, die für eine zukünftige Produktion oder Planung als zusätzliche Erschwernisse oder Nachteile angesehen werden müssen. Handlungsmaxime muss daher sein: Unabhängig davon, wie die Zukunft aussieht und was in ihr passieren wird, wird die Güte der Produktion bzw. der Planung eine gewissen Grenze nicht unterschreiten. Naturgemäß ist diese Grenze in Abhängigkeit von der bestmöglichen Lösung bestimmt. Und dieses Optimum kann nur bestimmt werden, wenn man alle Bestellungen kennt – also erst im Nachhinein. Die hier zu stellende Frage ist aber: Wie produziert ein Unternehmen heute, auch wenn die Bestellungen nur für die nächste Zukunft vorliegen oder nur die nächste Bestellung bekannt ist? Derartige Fragestellungen behandelt die Online-Optimierung, die im Gegensatz zur Offline-Optimierung eben dieses Optimum nicht kennt, dafür aber das Einhalten gewisser Schranken unabhängig vom zukünftigen Geschehen garantiert.

Wir betrachten ein Produktionssystem, in dem nach den Annahmen des Discrete Lotsizing and Scheduling Problems gearbeitet wird; die Produktion eines Produkts läuft immer über ganze Zeitabschnitte. Ein Plan erstreckt sich über mehrere Perioden mit jeweils mehreren Zeitabschnitten. Er wird periodisch fortgeschrieben. Jeweils die erste Periode wird als zu realisierender Plan vorgegeben. Veränderungen am Plan erfolgen nur zu den Planungszeitpunkten.

Unabhängig von der formalen Beschreibung der Produktion wird der folgende Lösungsansatz gewählt, um am Ende der ersten Periode einen Verlust zu vermeiden bzw. einen (Mindest-)Gewinn zu realisieren:

- Optimierung der jeweils ersten Periode, getrennte Optimierung der jeweils restlichen Perioden des Planungshorizonts unter Beachtung eines gemeinsamen Bestands am Ende der ersten Periode,
- Gewichtung der beiden (Teil-)Lösungen,
- Auswahl der kostenminimalen Lösung für den jeweiligen Planungshorizont in Abhängigkeit von der gewählten Gewichtung.

Für eine Aussage zur Kompetitivität müssen Offline- und Online-Ansatz über dem Gesamthorizont miteinander verglichen werden. Ein Plan – also eine Lösung des DLSP-Problems – kann aus Gründen der Verfügbarkeit Bedarfe nur in Richtung Gegenwart verschieben. Die Offline-Lösung hat dazu den Gesamthorizont, die Online-Lösung nur den Planungshorizont zur Verfügung. Das Vorziehen von Bedarfen erfolgt in der Offline-Lösung aber nicht beliebig bis zu einer vollständigen Ausnutzung des Kapazitätsangebots. Die Begrenzung für eine Verschiebung ist da gegeben, wo die aus der Verschiebung resultierenden Bestandskosten den Gewinn an Rüst- und Fertigungskosten überschreiten. Die beste Lösung für den Offline-Algorithmus ist die Periode (bzw. der Zeitabschnitt) genau vor dem Planungshorizont. Dieses „Spiel“ kann der Offline-Algorithmus machen, bis die durch die Bestandskosten gesetzte Obergrenze erreicht ist. Und dieses Spiel kann (Gesamthorizont: (Verschiebungsgrenze + (Verschiebungsgrenze - Planungshorizont))) mal wiederholt werden. Aufbauend auf der formalen Beschreibung der Heuristik ist darüber hinaus festzustellen: Ein Erlös ( $\geq 0$ ) in der ersten Periode ist nur dann realisierbar, wenn Bedarfe vorliegen und diese Bedarfe mit Kosten, die kleiner als die Verkaufserlöse sind, befriedigt werden können. Also tendiert der Ansatz zu einer just in time-Politik, aber nur begrenzt zu einem Auslasten der verfügbaren Kapazität. In eine Periode ohne Bedarf kann nichts verschoben werden.

Für die angegebene Vorgehensweise lässt sich eine Lösungsqualität nachweisen, die nur wenige Prozent vom Offline-Optimum entfernt ist.

### Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
E-Mail: [Wilhelm.Dangelmaier@hni.upb.de](mailto:Wilhelm.Dangelmaier@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 85

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

# Produktentstehung 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.

E-Mail: [Juergen.Gausemeier@hni.upb.de](mailto:Juergen.Gausemeier@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 62 67, 62 66  
Telefax: +49 (0) 52 51 | 60 62 68  
<http://www.hni.uni-paderborn.de/pe>

 acatech

MITGLIED VON

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

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 Engineering**

Technologien wie Augmented Reality, Virtual Reality und Simulation erhöhen die Effizienz der Produktentstehung.

Die UNITY AG ist die erste Adresse, wenn es um den Transfer dieser Leistungen in die Praxis geht. 2010 hat die UNITY AG die Auszeichnung TOP CONSULTANT erhalten und zählt damit zu den führenden Managementberatungen. ([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



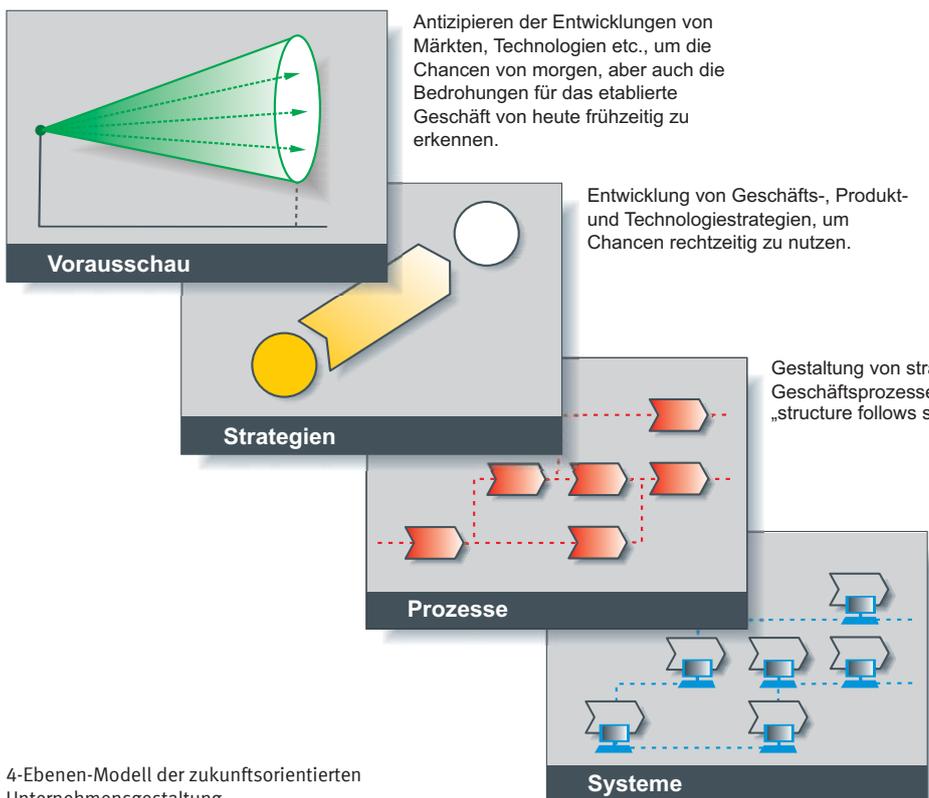
**Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme** – Ein Handlungsleitfaden für die Anwendung des Instrumentariums in der Praxis. Carl Hanser Verlag, 2010



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



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



4-Ebenen-Modell der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung

# Datenbankunterstütztes Innovationsmanagement

Einsatz der Innovations-Datenbank bei der GEA Air Treatment GmbH

Die GEA Air Treatment GmbH ist Weltmarktführer für Lüftungs- und Klimatechnik. Als technologieorientiertes Unternehmen ist der Einsatz zukunftsweisender Technologien entscheidend, um auch morgen den Wettbewerbern einen Schritt

voraus zu sein. Dazu dient GEA ein systematisches Innovationsmanagement. Eine der Kernaufgaben des Innovationsmanagements besteht darin, die Chancen aus der technologischen Entwicklung und der Entwicklung von Märkten zu erkennen und daraus Schlüsse für die Gestaltung der Marktleistung von morgen zu ziehen – es geht also darum, sowohl den Technology Push als auch den Market Pull zu beherrschen. In diesem Kontext leistet die Innovations-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts professionelle Unterstützung. Sie wurde in Zusammenarbeit mit der UNITY AG bei der GEA Air Treatment GmbH erfolgreich eingeführt.

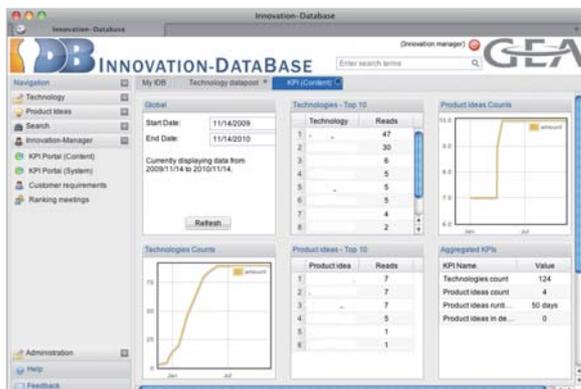
schaffen. Durch automatisch erzeugte Innovations-Roadmaps werden in Produktideen verwendete Technologien bezüglich ihrer Einsatzfähigkeit anschaulich dargestellt und so die Produkt- und Technologieplanung erleichtert.

Ein Redaktionskonzept ermöglicht eine einfache Koordination von Zuständigkeiten und Pflege der Datenbankinhalte – aktuell u. a. etwa 120 Technologien. Verschiedene Präsentationsformen wie übersichtliche Technologiesteckbriefe im PDF-Format bieten eine zielgruppengerechte Darstellung der Inhalte.

## Unternehmensweit Synergien nutzen

Die einzelnen Phasen des strategischen Produkt- und Technologieplanung mit der Innovations-Datenbank wurden in Workshops mit GEA-Mitarbeitern aus verschiedenen europäischen Standorten durchlaufen und die Benutzer in relevanten Methoden wie dem morphologischen Kasten und dem Technology-Roadmapping geschult. Damit GEA zeitnah von der Datenbank profitieren kann, wurden in Workshops Technologien, die heute und in Zukunft für GEA relevant sein werden, recherchiert und in die Datenbank eingetragen. Jeder Technologie wurden Experten zugeordnet, die als kompetente Ansprechpartner in allen Technologiefragen zur Verfügung stehen. So wird ein Beitrag dazu geleistet, die Entwicklungszeit für neue Produkte zu verkürzen.

GEA plant, eine Innovations-Datenbank im gesamten Unternehmen auszurollen und die Datenbank mit dem Patent-Managementsystem zu verknüpfen. So können interdivisionale Synergien genutzt und Doppelentwicklungen von Produkten und Technologien vermieden werden. Dadurch wird die Effizienz des Innovationsprozesses bei GEA signifikant gesteigert.



Intuitive Benutzungsoberfläche der Innovations-Datenbank



Innovative Lüftungs- und Klimatechnik (Quelle: GEA)

## Optimale Unterstützung des Innovationsprozesses

Die Innovations-Datenbank macht Wissen über Technologien, Produktideen und zukünftige Kundenanforderungen transparent und abteilungsübergreifend verfügbar. Sie unterstützt weite Teile des Innovationsprozesses. So können erste Produktideen oder Technologien durch die Benutzer eingegeben und weiter detailliert werden. In einem morphologischen Kasten werden Funktionen, die ein zukünftiges Produkt erfüllen soll, mit Technologien verknüpft, die die gewünschten Funktionen realisieren. So entstehen Prinziplösungen, die in der Datenbank anhand definierter Kriterien wie z. B. dem erzielbaren Umsatz bewertet werden und so eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Entwicklungsfreigabe eines neuen Produktes

**UNITY**  
**GEA**

### Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Ing. Martin Kokoschka  
E-Mail: [Martin.Kokoschka@hni.upb.de](mailto:Martin.Kokoschka@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 62 65

Dipl.-Inform. Oliver Buschjost  
E-Mail: [Oliver.Buschjost@hni.upb.de](mailto:Oliver.Buschjost@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 62 37

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

## Verbundprojekt InZuMech – Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme

Ziel des BMBF-Verbundprojekts „Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme“ (InZuMech) war ein Instrumentarium für die frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Dies besteht aus Methoden und Werkzeugen, die den Entwickler bereits in der Produktkonzipierung unterstützen, mögliche Beeinflussungen zwischen den Systemkomponenten zu identifizieren und Zuverlässigkeitsanalysen für das Gesamtsystem durchzuführen.

### Herausforderung

Mechatronische Systeme sind sehr komplex und die Sicherung der Zuverlässigkeit solcher Systeme ist heute ein noch unzureichend gelöstes Problem. Indikatoren hierfür sind die vielen Rückrufaktionen und die steigenden Gewährleistungskosten der letzten Jahre. Offensichtlich haben die Entwickler große Schwierigkeiten bei der Absicherung der Zuverlässigkeit. Zum einen fehlt beim Systementwurf ein fachdisziplinübergreifendes ganzheitliches Verständnis für das Gesamtkonzept, auf dem Zuverlässigkeitsanalysen aufbauen können. Zum anderen setzen etablierte Prüf- und Testverfahren zu spät an.



Demonstrator der Firma Hella: Scheinwerfer mit integriertem Schwenksystem zur Erzeugung einer adaptiven Hell-Dunkel-Zone

### Erzielte Ergebnisse

Als Ergebnis liegt ein Instrumentarium vor, das bereits auf Basis der Prinziplösung Zuverlässigkeitsanalysen erlaubt. Im Rahmen von InZuMech wurden entwickelt:

- eine Spezifikationstechnik zur fachdisziplinübergreifenden Modellierung fehlertoleranter mechatronischer Systeme,
- ein Werkzeug zur automatisierten Fehlerausbreitungsanalyse auf Basis der Prinziplösung,
- ein Werkzeug zur abstrakten thermischen und thermo-mechanischen Analyse der Beanspruchung der Aufbau- und Verbindungstechnik,
- ein Werkzeug, das am Beispiel der Technologie MID (Molded Interconnect Devices) hilft, die Fertigungsrestriktionen bereits beim Produktkonzept zu berücksichtigen,
- eine Methode sowie ein Werkzeug zur Analyse der Nachhaltigkeit des Gesamtsystems,
- Entwicklungsleitfäden, die die Anwendung des Instrumentariums zeigen und sich konkret für ein Unternehmen ausprägen lassen,
- eine Wissensbasis, die Prozess-, Fach-, Erfahrungs-, Produktwissen und Know-how-Träger den Entwicklungsschritten zuordnet.

Der Nutzen in Kürze: Die Spezifikationstechnik verbessert das Systemverständnis und ist Grundlage für die Zusammenarbeit der Fachdisziplinen. Späte kostenintensive Änderungen werden durch die Fehlerbaumanalyse erheblich reduziert. Die Analyse der thermo-mechanischen Beständigkeit identifiziert vor dem Bau eines Prototypen mögliche Ausfallmechanismen. Das Werkzeug zur Auswahl geeigneter MID-Technologien hilft die Entwicklungskomplexität zu beherrschen.

Die Ergebnisse des Verbundprojekts werden über das Fachbuch „Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme“ und über das Internet-Fachportal „TransMechatronic.de“ ([www.transmechatronic.de](http://www.transmechatronic.de)) verbreitet.



Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme – Ein Handlungsleitfaden für die Anwendung des Instrumentariums in der Praxis. Carl Hanser Verlag, 2010

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

**Projektträger:**  
Projektträger Karlsruhe (PTKA)

**Projektpartner:**  
Prof. Dr.-Ing. Herbert Reichl, FSP Technologien der Mikroperipherik (TU Berlin)  
AMIC GmbH  
Audi AG  
Hella KGaA Heuck & Co.  
PROSTEP IMP GmbH  
SIEMENS AG CT  
UNITY AG

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Gaukster  
E-Mail: [Tobias.Gaukster@hni.upb.de](mailto:Tobias.Gaukster@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 62 59

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

## SFB 614, Teilprojekt B2 „Entwurfsmethodik“

### Entwurf innovativer mechatronischer Produktkonzeptionen

Der Sonderforschungsbereich 614 “Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus” ist eines der Schwerpunktprojekte des Heinz Nixdorf Insti-

tuts. Das Teilprojekt B2 integriert die Ergebnisse aller Teilprojekte des SFB in einer ganzheitlichen Entwurfsmethodik (Verantwortliche: Prof. J. Gausemeier, Prof. W. Schäfer). Ziel des Teilprojekts ist ein Entwurfsinstrumentarium, das Dritte in die Lage versetzt, intelligente mechatronische Systeme zu entwickeln. Den Kern bilden

eine Spezifikationstechnik zur fachdisziplinübergreifenden Konzipierung eines selbstoptimierenden mechatronischen Systems und das Software-Werkzeug Mechatronic Modeller®.

#### Vorgehen

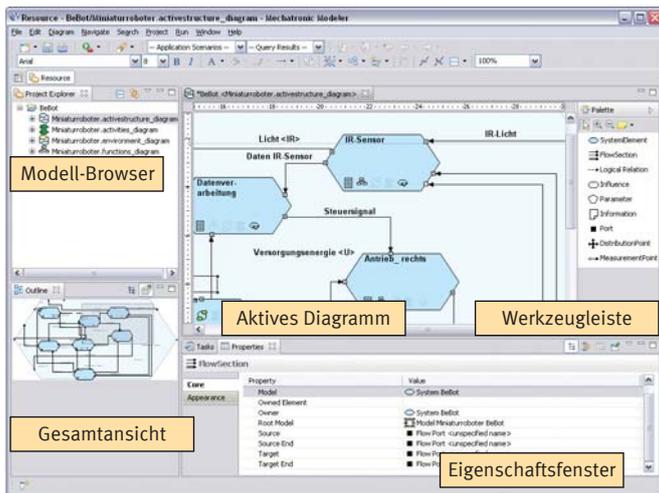
Die Entwicklung selbstoptimierender Systeme gliedert sich in die fachdisziplinübergreifende Konzipierung und die fachdisziplinspezifische Konkretisierung. In der Konzipierung erarbeiten Entwickler der Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik, Regelungs- und Softwaretechnik gemeinsam die Prinziplösung. 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. Diese Entwicklungsphase ist durch einen hohen Abstimmungs- und Koordinationsaufwand geprägt.

Trockenlaufende Vakuumpumpe „SIHdry“ – ein mechatronisches System par excellence (Quelle: Sterling SIHI)

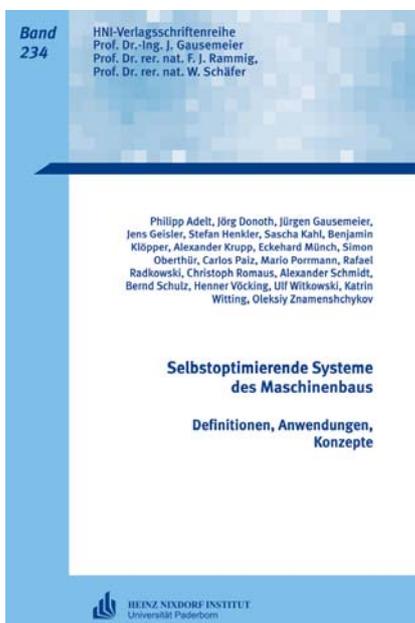
#### Fachdisziplinübergreifende Spezifikation der Prinziplösung

Die Beschreibung der Prinziplösung eines technischen Systems umfasst die Aspekte Anforderungen, Umfeld, Zielsystem, Anwendungsszenarien, Funktionen, Wirkstruktur, Gestalt und Verhalten. Diese sind zu beschreiben und als Partialmodelle rechnerintern zu repräsentieren. Ferner werden die Querbeziehungen zwischen den Partialmodellen abgebildet. Beispielsweise wird modelliert, welche Systemelemente eine Funktion erfüllen. Die so spezifizierte Prinziplösung ist Grundlage für die Kommunikation und Kooperation der Entwickler im Zuge der Konkretisierung.

Der Mechatronic Modeller® ermöglicht eine intuitive Modellierung der Prinziplösung. Rechnerintern wird die Prinziplösung als ein formales zusammenhängendes Datenmodell abgebildet. Der Einsatz formaler Modelle ermöglicht verschiedenartige frühzeitige Analysen (z. B. Konzept-FMEA, Fehlerbaumanalyse, Target Costing etc.). Ferner können die Querbeziehungen zwischen den Partialmodellen der Prinziplösung zurückverfolgt werden. Insbesondere wird die Rückverfolgung von Anforderungen möglich. Daneben kann der Benutzer Filterungskriterien und darauf beruhende Sichten definieren. Dies trägt zur Komplexitätsreduktion des mechatronischen Entwurfs entscheidend bei.



Darstellung des Partialmodells Wirkstruktur im Mechatronic Modeller®

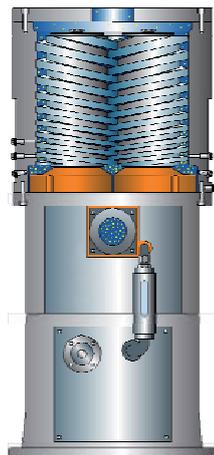


Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus – Definitionen, Anwendungen, Konzepte. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 234, Paderborn, 2009

**Gefördert durch:**  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

**Kontakt:**  
M.Sc. Rafał Dorociak  
E-Mail: Rafał.Dorociak@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 88

<http://www.sfb614.de>

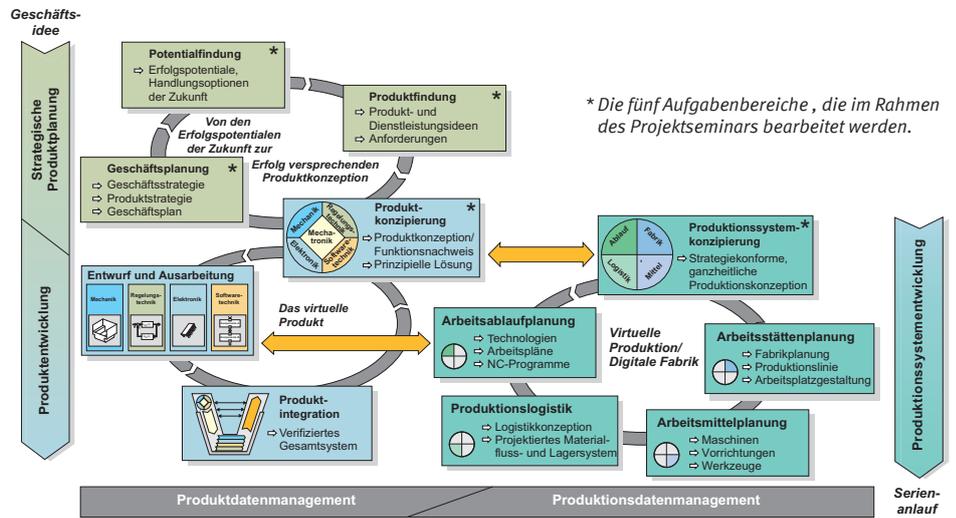


Das innovative Bahnsystem RailCab des Projekts „Neue Bahn Technik Paderborn“ wurde vollständig modelliert und im Maßstab 1:2,5 realisiert (<http://nbp-www.upb.de>)

# Projektseminar Produktinnovation

## Strategische Planung und Konzipierung von Funktionsmöbeln

Das Projektseminar Produktinnovation ist eine avantgardistische Lehrveranstaltung, in deren Verlauf eine Gruppe von acht ausgewählten Studierenden zusammen mit zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern ein anspruchsvolles Innovationsprojekt eines Unternehmens bearbeiten. Ziel ist eine umfassende Produkt- und Geschäftskonzeption, auf deren Grundlage ein Unternehmen über den Eintritt in dieses Geschäft und die damit verbundenen Investitionen entscheiden kann. Das Projektseminar läuft über 20 Wochen. Die methodische Basis bildet der Zyklus der strategischen Produktplanung im 3-Zyklus-Modell der Produktentstehung.



Strategische Produktplanung im 3-Zyklus-Modell der Produktentstehung

### So gehen wir vor

Es werden die im Bild dargestellten Aufgabenbereiche bearbeitet:

- **Potentialfindung:** Antizipation von Entwicklungen von Märkten und Technologien; Erkennen der Erfolgspotentiale der Zukunft.
- **Produktfindung:** Ermittlung von Produkt- und Dienstleistungs-ideen, Konkretisierung der Ideen; Ermittlung von Anforderungen.
- **Produktkonzipierung:** Entwicklung der prinzipiellen Lösung (technische Konzeption) für das Produkt.
- **Produktionssystemkonzipierung:** Make-or-buy-Empfehlung und Abschätzung der Herstellkosten parallel zur Produktkonzipierung.
- **Geschäftsplanung:** Entwicklung der Geschäfts- und Produktstrategie und des Geschäftsplans.

### Bisherige Success Stories

- 2007: Wäsche-Finishing-Geräte
- 2008: Elektrische Verbindungstechnik: Montagerechte Reihenklemmen
- 2009: Schaltschrankbau

### Das Projektseminar 2010

Projektpartner war die Firma Kintec-Solution GmbH, ein international tätiger Hersteller von Metall-Funktionsgestellen für die Polstermöbelindustrie. Die Baukastensysteme bieten ein vielfältiges Sortiment von so genannten „Relaxsessel-techniken“ und erlauben Designern eine

kundenindividuelle Produktkonfiguration, die ein nahezu eigenständiges Produkt zum Resultat hat.

Kintec-Solution hat sich mit dem Baukastensystem, für das derzeit mehr als 20 Patente erteilt sind, bei Polstermöbelherstellern als Innovationsführer positioniert. Für die Entwicklung einer neuartigen Generation von Polstermöbeln wurde eine strategische Produktplanung erforderlich, durch die Kintec-Solution nachhaltig in die Lage versetzt wird, Wettbewerbsvorteile zu erlangen.

### Ziel des Projekts

Ziel des Projekts war ein Erfolg versprechendes, zukünftiges Produktportfolio, aus dem hervorgeht, mit welchen Produkten Kintec-Solution ein nachhaltiges Umsatzwachstum erzielen kann. Dazu wurden zunächst die heutige Situation analysiert und die Wettbewerbsposition von Kintec-Solution dargestellt. Anschließend wurden mit Hilfe der Szenario-Technik zukünftige Entwicklungen von Funktionsmöbeln für die Polstermöbelindustrie ermittelt. Anhand dieser Entwicklungen wurden systematisch Erfolgspotentiale der Zukunft aufgedeckt. Hieraus konnten zukünftige Anforderungen abgeleitet werden. In Workshops wurden dann Ideen für Funktionsmöbel generiert und bewertet. Für zwei ausgewählte Konzepte wurden schließlich detaillierte CAD-Modelle erarbeitet.



Relax-Sessel der Firma Kintec-Solution (Quelle: Kintec-Solution)



Studenten bei der Arbeit

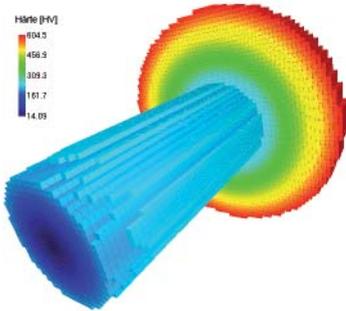
**Projektpartner:**  
Kintec-Solution GmbH, Rietberg

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Gaukstern  
E-Mail: Tobias.Gaukstern@hni.upb.de  
Telefon: + 49 (0) 52 51 | 60 62 59

Dipl.-Wirt.-Ing. Felix Reymann  
E-Mail: Felix.Reymann@hni.upb.de  
Telefon: + 49 (0) 52 51 | 60 62 64

# SFB Transregio 30 Teilprojekt D5

## Fertigungsplanung für Bauteile mit gradierten Eigenschaften



Voxelmodell einer Flanschswelle mit visualisiertem Härteverlauf

Der 2006 eingerichtete Sonderforschungsbereich (SFB) Transregio 30 „Prozessintegrierte Herstellung funktional gradiert Strukturen auf der Grundlage thermo-mechanisch gekoppelter Phänomene“ ist eines der Schwerpunktprojekte der Fakultät für Maschinenbau. Im Teilprojekt D5 entwickeln wir gemeinsam mit dem Institut für Spanende Fertigung (ISF) der TU Dortmund neue Methoden und Werkzeuge der Bauteilbeschreibung, der wissensbasierten Fertigungsplanung sowie der multikriteriellen Prozesskettenoptimierung für gradierte Bauteile. Im Mai dieses Jahres wurde der SFB erfolgreich begutachtet und für weitere vier Jahre verlängert.

prozess erzielt. Die Wechselwirkungen zwischen Werkstoffeigenschaften und Fertigungsparametern sowie die gewünschten Bauteileigenschaften sind daher bei der Planung und Optimierung des Produktionsprozesses zu berücksichtigen.

Ziel des Teilprojektes D5 ist eine Planungsumgebung für die Fertigung gradiert Bauteile bestehend aus den Komponenten Bauteilbeschreibung, Expertensystem, Modellbildung, Prozesskettenoptimierung sowie Spezifikation (untere Grafik).

### Bauteilbeschreibung

Grundlage der Planung des Herstellprozesses ist eine Beschreibung des gewünschten Bauteils und seiner Eigenschaften. Ausgehend vom 3D-CAD-Modell wird ein Voxelmodell generiert, das die rechnerinterne Abbildung der Eigenschaften über das Volumen ermöglicht (obere Grafik).

### Expertensystem

Das Expertensystem identifiziert auf Grundlage der Bauteilbeschreibung Prozessketten zur Herstellung des Bauteils. Das dazu notwendige Wissen wird in einer Datenbank sowie einer Ontologie strukturiert. Mit Hilfe einer Inferenzmaschine werden die Prozessketten rationell erstellt.

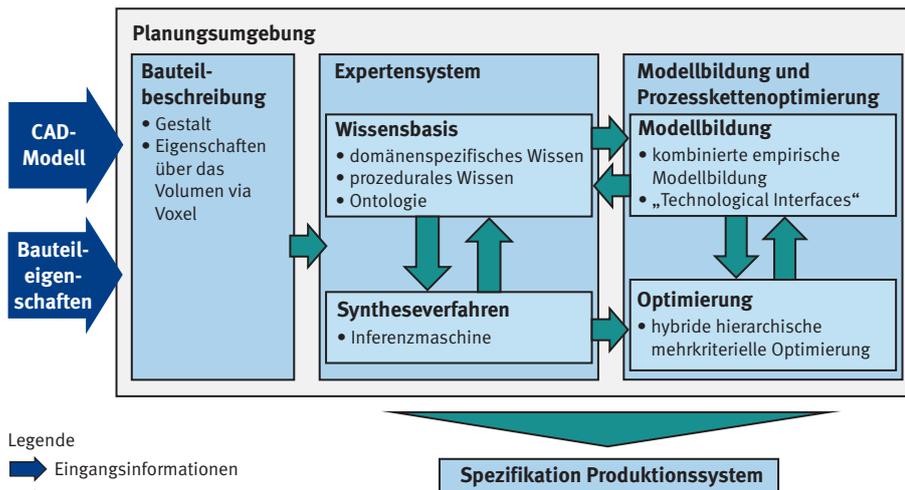
### Modellbildung und Prozesskettenoptimierung

Anschließend erfolgt eine Optimierung der Parameter der Prozessketten über empirische Modelle der Fertigungstechnologien und deren Wechselwirkungen mit den Bauteileigenschaften.

### Spezifikation der Prozesskette

Die optimierte Prozesskette wird abschließend mit Hilfe einer Spezifikationstechnik für den Fertigungsplaner intuitiv verständlich beschrieben.

Die Forschungsthemen und -ergebnisse des SFB werden auf einer multimedialen Ausstellungsplattform präsentiert (<http://mms.transregio-30.com>).



#### Legende

- ➔ Eingangsinformationen
- ↔ Informationsaustausch

Struktureller Aufbau der Planungsumgebung für Produktionssysteme funktional gradiert Bauteile

Forschungsthemen des SFB sind neue Verfahren der Metall- und Kunststoffformgebung für die Herstellung neuartiger Bauteile. Diese so genannten funktional gradierten Bauteile sind insbesondere für die Automobil- und Luftfahrtindustrie interessant, weil sie eine optimale Anpassung der Bauteileigenschaften an Belastungen an unterschiedlichen Stellen des Bauteils ermöglichen. Sie eröffnen völlig neue Möglichkeiten für den Leichtbau und gewährleisten gleichzeitig ein einfaches Recycling, da ausschließlich ein Werkstoff eingesetzt wird.

Funktionale Gradierung beschreibt den kontinuierlichen Härteverlauf (z. B. Härteverlauf) über den Bauteilquerschnitt. Er wird durch das gezielte Zusammenspiel von mechanischer Umformung und Temperatureinwirkung im Herstell-

#### Kontakt:

Dipl.-Wirt.-Ing. Dominic Dettmer  
E-Mail: [Dominic.Dettmer@hni.upb.de](mailto:Dominic.Dettmer@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 62 62

<http://mms.transregio-30.com>

# Benchmark Virtual Prototyping & Simulation

Leistungssteigerung in der Produktentwicklung durch Reifegradmanagement

Die Methoden und Werkzeuge für Virtual Prototyping und Simulation (VPS) tragen maßgeblich zu einer Beschleunigung des Produktentstehungsprozesses bei. Das Projekt „VPS Benchmark“ unterstützt kleine und mittlere Unternehmen, die Nutzenpotentiale von Virtual Prototyping und Simulation zu erkennen und zu erschließen. Die Leistungsfähigkeit des Unternehmens wird erfasst und mit einem unternehmensspezifischen SOLL-Zustand verglichen. Aus diesem Vergleich wird eine Strategie zur Leistungssteigerung empfohlen.

### Leistungsbewertung

Die offensichtlichen Nutzenpotentiale von VPS zu erschließen ist nicht einfach. So stellt schon die Bewertung der eigenen Leistungsfähigkeit die Entwicklungsleiter vor eine Herausforderung. Häufig fehlt die Möglichkeit den aktuellen Stand der Technik zu verfolgen und sich mit anderen Unternehmen zu messen.

Einen möglichen Ansatz zur Leistungsbewertung bieten Reifegradmodelle (z. B. CMMI). „VPS-Benchmark“ bietet ein auf kleine und mittlere Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus zugeschnittenes Reifegradmodell. Es greift VPS-relevante Handlungsfelder wie beispielsweise Entwicklungswerkzeuge und IT-Infrastruktur auf. Für jedes Handlungsfeld wird ein Reifegrad ermittelt. Mit einer

graphischen Darstellung der Reifegrade kann ein Unternehmen leicht erkennen wie es im Bereich VPS aufgestellt ist.

Bereits durchgeführte Benchmarks werden in einer Datenbank gespeichert. Dies erlaubt einen anonymisierten Vergleich mit anderen Unternehmen ähnlicher Größe und Branche.

### Definition des SOLL-Zustandes

Nicht maximal mögliche Reifegrade, sondern ein individuell sinnvoller SOLL-Zustand muss angestrebt werden. Er gibt einen optimalen Reifegrad je Handlungsfeld vor. Dieser hängt im Wesentlichen von Unternehmenskennzahlen (z. B. Anzahl der Entwickler), Produktkennzahlen (z. B. Anzahl Bauteile) und dem Unternehmensumfeld (z. B. Wettbewerbssituation) ab.

### Leistungssteigerung

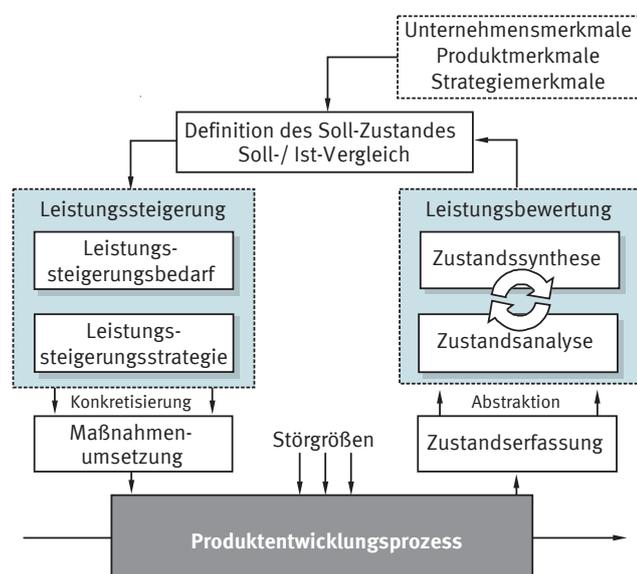
Aufbauend auf der aktuellen Leistungsfähigkeit wird eine Strategie zur unternehmensspezifischen Leistungssteigerung erarbeitet. Die Strategie beinhaltet eine konsistente Abfolge konkreter Maßnahmen zur Erreichung des SOLL-Zustandes.

Das Projekt „VPS-Benchmark“ stellt das Fachportal [www.viprosim.de](http://www.viprosim.de) bereit. Hier kann der Benchmark kostenfrei durchgeführt werden. Zudem wird Entscheidern und Experten aus Industrie und Wissenschaft eine Wissens- und

Kontaktvermittlung zur Verfügung gestellt. Teil der Wissensbasis sind Beschreibungen von VPS-Technologien und BestPractices, die deren vorbildliche Umsetzung beschreiben. So wird das gewonnene Wissen in die Industrie transferiert und eine Leistungssteigerung in der Produktentwicklung gefördert.



Virtueller Prototyp einer Waschmaschine (Quelle: Miele & Cie. KG)



Allgemeines Vorgehen in Modellen zur Leistungsbewertung und -steigerung



**Gefördert durch:**  
Land NRW | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

**Projekträger:**  
NRW.BANK

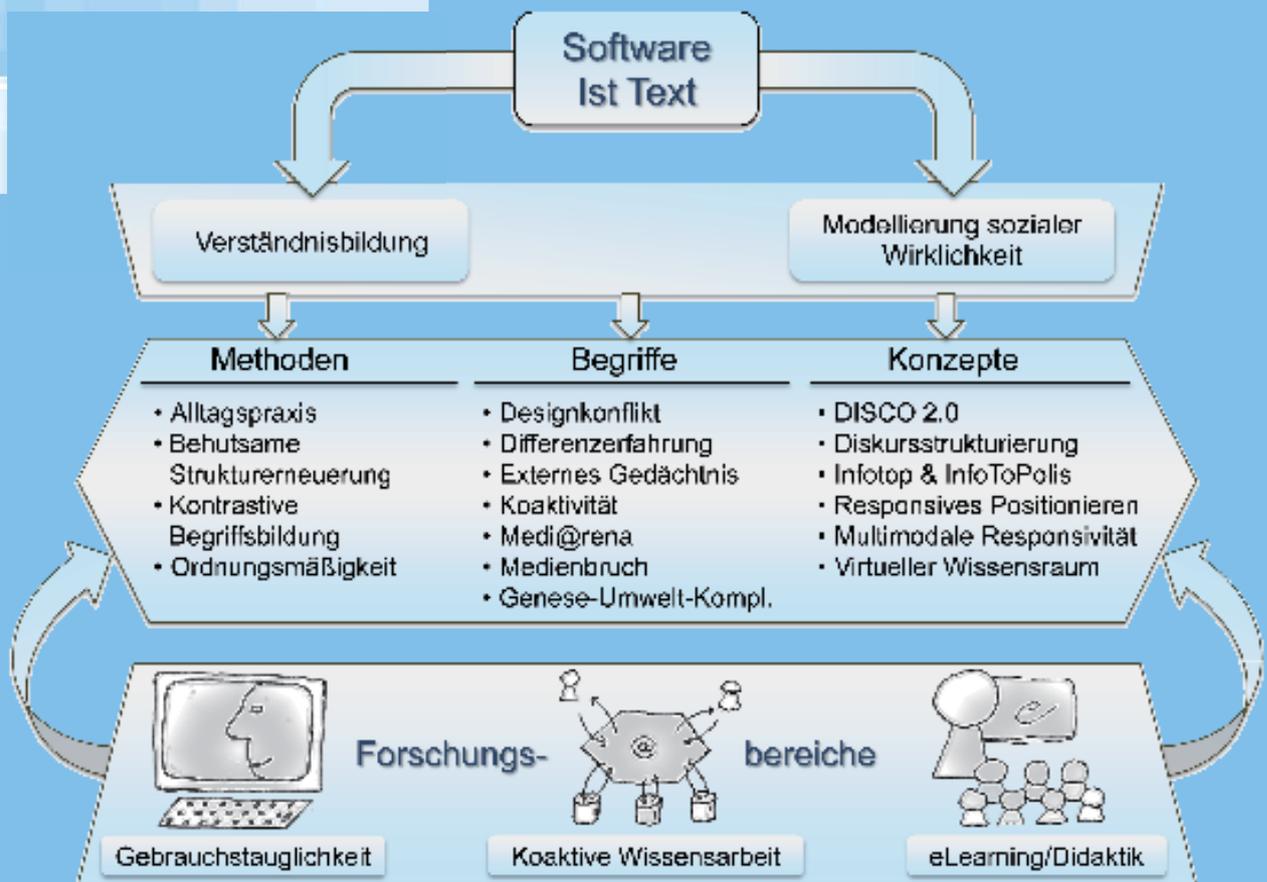
**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Bensiek  
E-Mail: [Tobias.Bensiek@hni.upb.de](mailto:Tobias.Bensiek@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 62 26

Dipl.-Wirt.-Ing. Arno Kühn  
E-Mail: [Arno.Kuehn@hni.upb.de](mailto:Arno.Kuehn@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 62 26

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

# Informatik und Gesellschaft

## Informatik und Gesellschaft



## Wissensarbeit als Forschungsarbeit

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

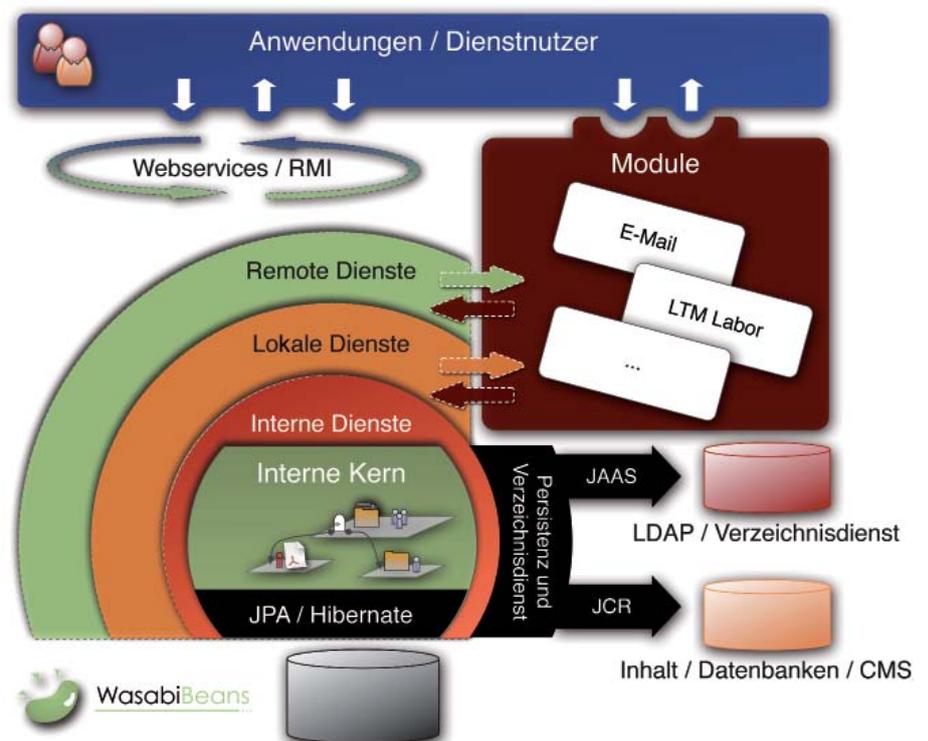
Die Fachgruppe Informatik und Gesellschaft befasst sich mit anwendungsorientierten, aber nicht anwendungsspezifischen Konzepten und Methoden zur Gestaltung von IT-Systemen. Neben der Entwicklung von Methoden zur Erfassung relevanter Aspekte des Einsatzkontextes geht es darum, einen theoretischen Rahmen für eine hypothesengeleitete Technikgestaltung zu entwickeln. Ziel ist es, die multidisziplinäre Begriffswelt in einen kohärenten Hintergrund für die Gestaltung von Informatiksystemen zu integrieren. Unter dem Oberbegriff der koaktiven Wissensarbeit entwickeln wir in drei Forschungsfeldern (Ergonomie, kooperationsunterstützende Systeme und E-Learning) entsprechende Gestaltungshypothesen, setzen sie um und werten ihre Brauchbarkeit aus.

Im Graduiertenkolleg „Automatismen“ wurde auch im vergangenen Jahr der interdisziplinäre theoretische Diskurs im Rahmen medienwissenschaftlicher Untersuchungen fortgesetzt. Stärkere Bedeutung erlangte jedoch die Umsetzung unserer Konzepte in die betriebliche Praxis. So erfolgte im Frühjahr die Ausgründung der „coactum GmbH“. Sie widmet sich der Betreuung der koALA-Plattform an der Universität Paderborn und hat sich zugleich ein zweites Standbein mit der Entwicklung einer E-Learning-Plattform für das Bäckerigewerbe geschaffen. Mit gleich zwei Anwendungsbereichen vom Start weg hat die Firma gezeigt, dass das Know-how der Fachgruppe in diesem Umfeld vielfältig und flexibel vermarktet werden kann.

Im universitären Bereich haben wir mit dem Aufbau des e-lab eine organisatorisch-technische Infrastruktur geschaffen, die es ermöglicht, neue und innovative Lehr- und Lernszenarien möglichst nah an der späteren Praxis zu entwickeln und zu erproben (elab.uni-paderborn.de). Dazu haben wir eine Plattform installiert, die in allen wesentlichen Punkten der in der Universität eingesetzten Plattform koALA entspricht, jedoch um Module für neue Szenarien angereichert ist. Im Projektrat sind neben den gegenwärtig fünf Kooperationspartnern aus verschiedenen Fakultäten auch die Stabsstelle für E-Learning und die Vizepräsidentin für Lehre, Studium und Qualitätsmanagement der Universität Paderborn vertreten sowie im Rahmen der im letzten Jahr begründeten regionalen Bildungspartnerschaft ein Vertreter des Regierungspräsidiums Detmold.

Ein weiterer Meilenstein war der Abschluss des Projekts mit der Daimler AG im Geschäftsbereich Lkw, wo eine Plattform für den koaktiven Umgang mit Produktentwicklungsplänen (KoPeP) prototypisch umgesetzt und evaluiert werden konnte. Die äußerst positiven Ergebnisse stießen auch in der Bus- und der Pkw-Sparte des Unternehmens auf großes Interesse, sodass jetzt auf der Basis des entwickelten Prototypen eine Ausschreibung für ein compliance-konformes System erfolgen soll.

Auch im akademischen Bereich geraten zunehmend Fragen der IT-gestützten Gestaltung von Wissenschaftlerarbeitsplätzen in den Vordergrund der Betrachtung. Im Rahmen der Kooperation mit dem Laboratorium für technische Mechanik wurde die serviceorientierte Modularisierung und Integration weiter konsolidiert. Daneben gelang es in Kooperation mit dem Zentrum für Informations- und Medientechnologien (IMT) und dem Lehrstuhl für Materielles und Immaterielles Kulturerbe UNESCO, ein durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördertes Projekt einzuwerben, in dem eine virtuelle und koaktive Arbeitsumgebung entwickelt und aufgebaut wird, welche die Sammlung, Erschließung, Erforschung und Archivierung von materiellem und immateriellem Kulturerbe unterstützen soll. Unter der Bezeichnung „Studiolo communis“ sollen neue Formen der persistenten Verknüpfung und Bearbeitung von Medienobjekten aus unterschiedlichen Datenquellen erforscht und umgesetzt werden. Auch hier spielt natürlich die Integration in die universitäre Infrastruktur eine wichtige Rolle.



Service-orientierte Architektur für koaktive Wissensarbeit

## Studiolo communis

Aufbau einer ko-aktiven Arbeitsumgebung für den erweiterten Forschungsdiskurs in der Kunst- und Architekturgeschichte



Wissenschaftliches Arbeiten um 1783: Charles Townley und seine Freunde in der Galerie seines Hauses in der Park Street (von Johann Zoffany)

Unter der Projektbezeichnung „Studiolo communis“ arbeitet seit Juli ein interdisziplinäres Forscherteam an der Universität Paderborn daran, den Erhalt des kulturellen Erbes mit digitalen Techniken zu unterstützen. Partner in dem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts sind das UNESCO Kompetenzzentrum „Materielles und Immaterielles Kulturerbe“, die Fachgruppe Informatik und Gesellschaft am Heinz Nixdorf Institut und das Zentrum für Informations- und Medientechnologien (IMT).

In der Renaissance entstand ein spezieller Raumtyp, „Studiolo“ genannt, der mit Kunstwerken, Studienobjekten, Büchern und Portraits großer Persönlichkeiten ausgestattet war. Es war ein Ort des Sammelns, Studierens und der Besinnung, vergleichbar mit dem Laboratorium in den Naturwissenschaften und eng mit dem humanistischen Ideal des Gelehrten verknüpft. Heute findet Forschung in anderen Räumen und mit anderen Mitteln statt. Mittlerweile prägen vernetzte Computer den Arbeitsplatz des Wissenschaftlers. Die Studienobjekte sind digitalisiert und verteilt auf Festplatten, in Datenbanken und im Internet abgelegt und können über unterschiedliche Programme genutzt werden. Es wird zunehmend unüberschaubar, wo die einzelnen Applikationen und Dienste ihre Daten ablegen und wo relevante Informationen zu finden sind, dies gilt speziell im Bereich der Kunst- und Architekturgeschichte. Es droht ein fester Ort verloren zu gehen, an dem die jeweili-

gen Medienobjekte und Forschungsergebnisse untersucht, diskutiert, arrangiert, kommentiert, verknüpft und veröffentlicht werden können.

Der tägliche Arbeitsablauf eines Kunst- und Architekturwissenschaftlers ist geprägt durch die Analyse. Dies geschieht zum einen an materiellen Gegenständen, wie Bauwerken oder Skulpturen – meist anhand von Abbildungen. Zum anderen aber auch an immateriellen Dingen, zu denen beispielsweise auf Video dokumentierte Rituale zählen. Bei diesen Vorgängen werden bisher unterschiedlichste Systeme und Methoden benutzt, welche Medienbrüche mit sich bringen und eine durchgängige Unterstützung des Forschungsprozesses nicht zulassen. Ein gemeinsames Arbeiten an Abbildungen oder audiovisuellen Daten ist unter Verwendung von vorhandenen Anwendungen und Systemen bisher nur schwer möglich. Der eigentliche Forschungsprozess findet daher zuerst auf den individuellen Arbeitsplätzen statt und kann der Community immer nur bruchstückhaft über nicht immer geeignete Kommunikationskanäle wie E-Mail mitgeteilt werden.

Im Rahmen des Projekts „Studiolo communis“ soll eine virtuelle, ko-aktive Forschungsumgebung aufgebaut werden, in der unterschiedlichste Forschungsobjekte aus verteilten Archiven arrangiert, kommentiert und miteinander verknüpft werden können. Dabei entstehen Sammlungen komplexer Datenobjekte, an denen

annotiert und diskutiert wird. Zusätzlich braucht es unterschiedliche Sichten auf diese Arrangements, um je nach Zielsetzung ausgewählte Informationen in den Wahrnehmungsraum rücken zu können und weniger Wichtiges auszublenden. Auch ein ausgeklügeltes Rollen- und Rechte-Management und die Möglichkeit zum Einrichten privater und öffentlicher

### Projektpartner:

UNESCO Kompetenzzentrum  
„Materielles und Immaterielles Kulturerbe“

Zentrum für Informations- und  
Medientechnologien

### Gefördert durch:

Deutsche Forschungsgemeinschaft

### Kontakt:

Dipl.-Inform. Andreas Oberhoff  
E-Mail: [Oberhoff@hni.upb.de](mailto:Oberhoff@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 65 14

Dipl.-Inform. Jonas Schulte  
E-Mail: [Schulte@uni-paderborn.de](mailto:Schulte@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 65 18

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



Heute hingegen sind unsere Arbeitsplätze durch technische Geräte geprägt, die uns eine ortsunabhängige Zusammenarbeit ermöglichen.

Arbeitsbereiche ist für die vernetzte Kooperation der Forschenden unablässig.

Der zu entwickelnde virtuelle Wissenschaftlerarbeitsplatz soll zunächst den Forschungsdiskurs speziell im Bereich der Kunst- und Architekturgeschichte unterstützen, also das Arbeiten mit Bildern, vermehrt aber auch mit Audio- und Videodateien. So setzt das UNESCO Kompetenzzentrum „Materielles und Immaterielles Kulturerbe“ von Prof. E.-M. Seng bereits umfangreiche technische Systeme wie beispielsweise das Paderborner Bildarchiv ein. Viele Funktionen und Abläufe aus der täglichen Forschungsarbeit sind damit aber nicht oder nur sehr umständlich möglich. Außerdem soll die Forschungsumgebung nicht nur ein Arbeitsplatz sein, sondern auch die Kooperation zwischen Wissenschaftlern fördern. Mit dem in der Fachgruppe Informatik und Gesellschaft von Prof. R. Keil entwickelten Konzept der kooperativen Wissensräume gibt es eine tragfähige Basis, welche im Bereich E-Learning bereits erfolgreich im Einsatz ist. Dazu zählt unter anderem auch die koaktive Lern- und Arbeitsumgebung koALA mit über 15.000 Benutzern, die an der Uni-

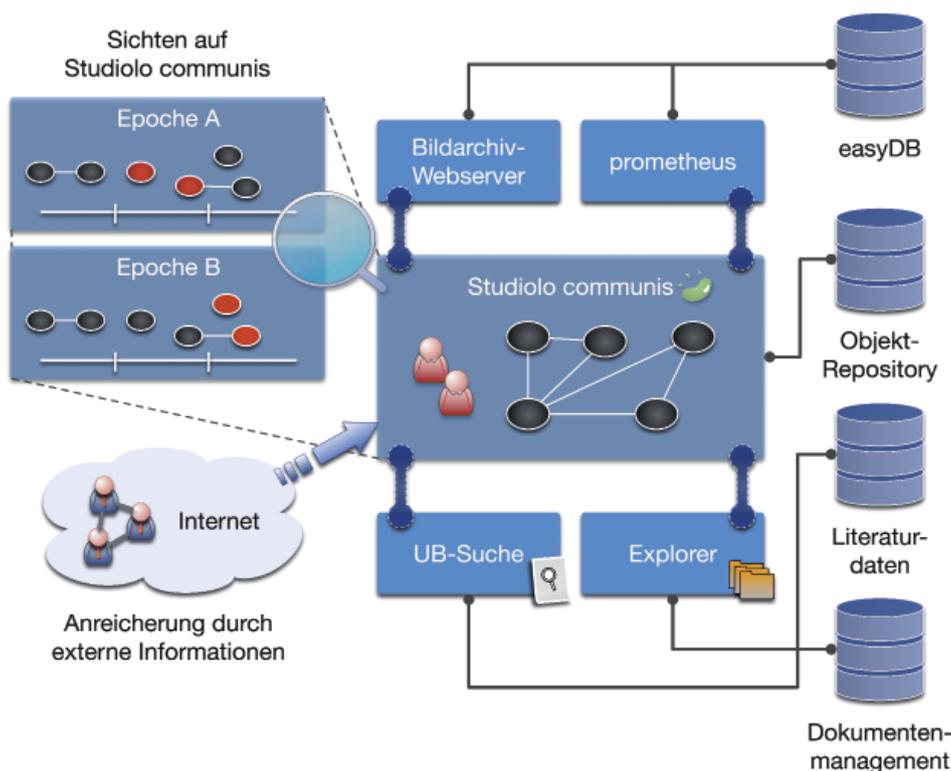
versität Paderborn flächendeckend zur Anwendung kommt. Zusammen mit dem IMT unter Leitung von Dr. G. Oevel wird die technische Realisierung des Projekts umgesetzt. Zusätzlich wird die Integration in die technische Infrastruktur der Universität Paderborn vom IMT abgesichert.

Ein Projekt, an dem Kulturwissenschaftler, Informatiker und das Zentrum für Informations- und Medientechnologien beteiligt sind, stellt die interdisziplinäre Ausrichtung der Universität Paderborn heraus und verdeutlicht auch hier wieder einmal die integrative Rolle des Heinz Nixdorf Instituts. Die neue Forschungsumgebung zur Unterstützung des UNESCO Kompetenzzentrums soll so gestaltet werden, dass eine spätere Übertragung auch auf andere Fächer möglich ist.

Das Projekt „Studiolo communis“ wurde von der DFG für zwei Jahre bewilligt, mit der Option auf eine Verlängerung um ein Jahr.



Auftaktveranstaltung zum Projekt Studiolo communis, von links: Prof. Dr. Nikolaus Risch, Prof. Dr. Eva-Maria Seng, Dr. Gudrun Oevel und Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil



Architektur und Komponenten der geplanten Arbeitsumgebung

## e-lab

### Von der Forschung in die Alltagspraxis



Einstiegsseite des e-lab



Einsatz mobiler Geräte

Das e-lab ist eine Einrichtung der Fachgruppe Informatik und Gesellschaft am Heinz Nixdorf Institut. Gemeinsam mit Partnern werden derzeit unterschiedliche Projekte durchgeführt, die das Ziel verfolgen, neue Ansätze und Entwicklungen im Bereich des computerunterstützten Lehrens und Lernens zu erproben und möglichst nahe an den universitären Alltag heranzuführen. Die im Rahmen des e-lab zur Verfügung stehende Plattform ist mit der in der Lehre an der Universität Paderborn eingesetzten Plattform koala weitestgehend identisch und erlaubt so, Konzepte, Techniken und Methoden unter alltagsnahen Bedingungen zu erproben und zu evaluieren.

Ziel des e-lab ist die Zusammenfassung bestehender und neuer E-Learning-Aktivitäten unter einer Organisationsstruktur und auf einer technischen Basis.

Hierbei sind insbesondere die drei Blickwinkel Universität, Schule und Betrieb und die in diesen Umfeldern entwickelten Szenarien hervorzuheben.

#### Szenarien im universitären Kontext

Ein Schwerpunkt des e-lab ist die Entwicklung von innovativen Lernszenarien, die das Potential von digitalen Medien ausnutzen. Bewährt haben sich die erwägungsorientierten Diskursverfahren wie zum Beispiel die „Pyramidendiskussion“ und „Thesen-Kritik-Replik-Verfahren“. Im Rahmen dieser Szenarien sind Studierende aufgefordert, mit einer Vielfalt von Positionen systematisch erwägend umzugehen.

Weiterhin wurde ein „mobiler Client“ für die koala-Plattform entwickelt. Dieser Client soll in Zukunft die Nutzung von koala, in einem reduzierten Funktionsumfang, von mobilen Endgeräten zulassen.

Die „Übungsblattabgabe“ ist ein Szenario zur Unterstützung der Kommunikation beim Übungsbetrieb von Lehrveranstaltungen. Übungsblätter und deren Bearbeitungen werden über die Plattform elektronisch zur Verfügung gestellt und organisiert, um vielfaches Ausdrucken und die Wege zur Abgabe zu vereinfachen.

Die „Klausurorganisation“ dient zur Unterstützung von sehr großen Lehrveranstaltungen mit Abschlussklausur. Dieses Werkzeug erleichtert den Lehrenden und Prüfern die Organisation einer Abschlussklausur durch verschiedene Maßnahmen wie zum Beispiel die Erstellung und Zuordnung von Barcodeetiketten zum Identitätsmanagement in und nach einer Klausur.

Auf dem e-lab-Server werden des Weiteren Techniken zur visuellen Wissensorganisation erprobt, bei denen mit dem Medi@rena-Composer, einem Werkzeug zum graphischen semantischen Positionieren, komplexe Sachzusammenhänge anschaulich in graphischen Visualisierungen dargestellt werden sollen.

Schließlich erfolgt die Realisierung von Videoaufzeichnungen und Videoannotationen im Rahmen des ViLM-Projekts in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Didaktik der Informatik. Dabei werden anhand eines Szenarios, das seinen Ursprung in der Lehrerausbildung hat, Videoaufnahmen von Personen in verschiedenen Situationen angefertigt und später analysiert und annotiert.

Über den Testeinsatz hinaus sind weitere Szenarien im Entwicklungsstadium. Dies sind ein Werkzeug für Rapid Feedback, mit dem Kurzumfragen durchgeführt werden können, ein Projektplanwerkzeug für die Erstellung von Arbeitsplänen mit Visualisierung als Gantt-Diagramm, ein voll integrierter Kalender mit Gruppenfunktionen und eine Literaturverwaltung mit Integration in die Lehrveranstaltungen.

#### Szenarien im schulischen Kontext

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Entwicklung und Erprobung von Szenarien für den schulischen Einsatz. Unsere Plattform bietet für die Lehrer eine Reihe von Möglichkeiten zur Unterrichtsgestaltung mit Online-Unterstützung. Als Beispiel sind hier Foren, Wikis und Portale zur Inhaltbereitstellung zu nennen. Ziel ist es dabei, Ergebnisse im kleinen Kreis zu produzieren, zu kommunizieren und zu diskutieren, aber dann auch die Möglichkeit zu haben, sie im Anschluss im Internet präsentieren zu können.

Der Fokus im schulischen Kontext wird einerseits auf die Unterstützung von

**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Marcel Jakoblew  
E-Mail: [marcel.jakoblew@hni.upb.de](mailto:marcel.jakoblew@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 65 22

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

Präsenzunterricht gelegt und andererseits auf die Unterstützung des Unterrichts auf Reisen. Unterricht auf Reisen ist insbesondere für Schüler wichtig, die keinen festen Wohnsitz haben, wie zum Beispiel Zirkuskinder. Für diese wurde ein gemeinsamer virtueller Schüler- und Lehrerschreibtisch mit einer integrierten Videochatfunktion entwickelt. Dadurch besitzen auch diese Schüler immer einen Lehrer als festen Ansprechpartner.

Aktuelle Weiterentwicklungen befassen sich mit der Integration von Online-Arbeitsblättern in die Plattform, wobei auch Synergien zwischen den Anwendungskontexten zum Tragen kommen, denn die für die Arbeitsblätter verwendeten Techniken finden sich auch in den Web-Based-Trainings wieder.

**Szenarien im betrieblichen Kontext**

Auch im betrieblichen Kontext ist computerunterstütztes Lernen und Lehren von Bedeutung. Web-Based-Training ist eine Technik, um schnell viele Lernende zu erreichen und grundlegende Kenntnisse zu vermitteln. Besonders sinnvoll ist dieses Instrument in Betrieben mit vielen Angestellten. Das von uns entwickelte Werkzeug bietet einerseits die Möglichkeit zur Vermittlung von Inhalten in Kursstrukturen, andererseits auch ein Werkzeug zur webbasierten Prüfung von Teilnehmern. Über die Prüfung hinaus können dann

Statistiken über den Lernerfolg sowie Zertifikate für die einzelnen Teilnehmer erstellt werden.

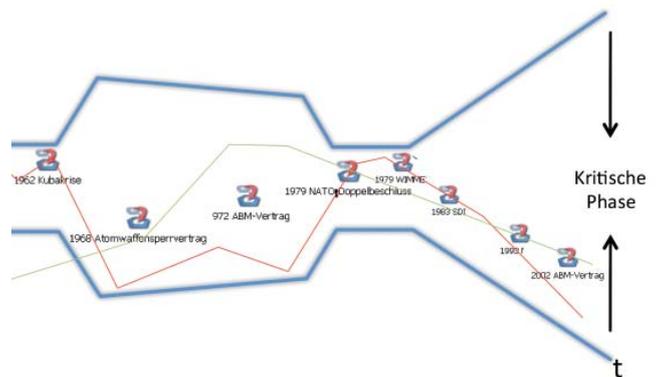
Ein anderer Aspekt im betrieblichen Kontext ist die Visualisierung von Kompetenzen in Portfolios. Die von uns entwickelten E-Portfolios dienen als Unterstützungswerkzeug für die Veranschaulichung von Bildungsbiographien. Dies ist besonders in der beruflichen Ausbildung von Bedeutung, weil hier häufig Unterbrechungen in den Bildungswegen auftreten.

**Ausblick**

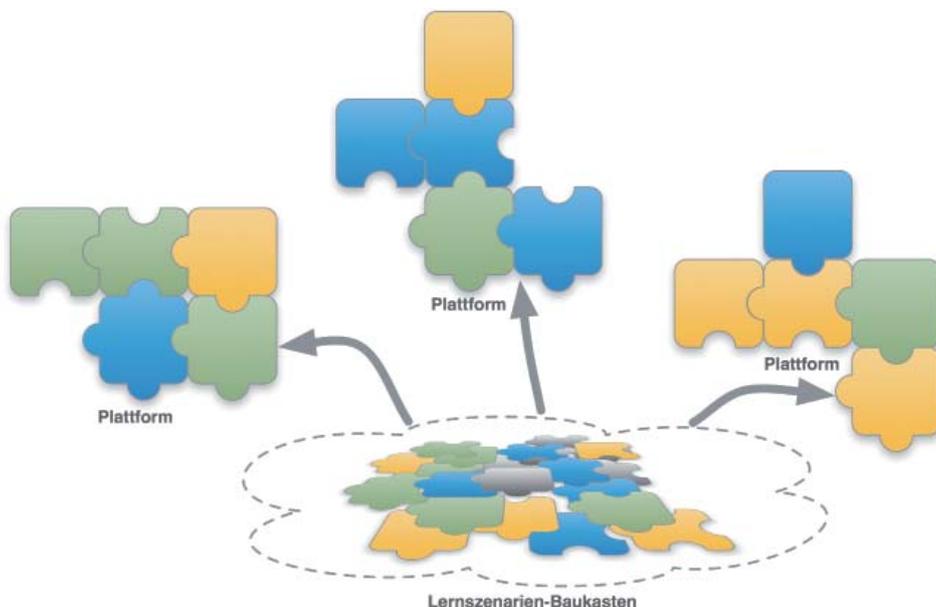
Die Erprobung vieler unterschiedlicher Szenarien in den drei vorgestellten Einsatzkontexten hat ergeben, dass es viele Gemeinsamkeiten gibt und es sich deshalb anbietet, diese Szenarien auf einer Plattform zu realisieren. Um je nach Einsatzszenario die passenden Kontexte erreichen zu können, arbeitet die von uns entwickelte Plattform nach dem Baukastenprinzip. Das ermöglicht es, aktuell benötigte Teile einfach wiederzuverwenden und auch neue Szenarien durch vorhandene Bausteine schnell und effektiv zu entwerfen und zu realisieren.



Schulunterricht mit Computerunterstützung



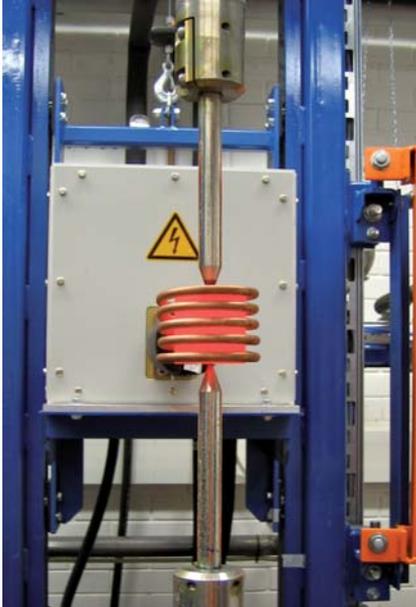
Positionieren von Wissensobjekten in einer Medi@rena



Baukasten für Lernplattformen

## Labor 2.0

### Integration von Forschung und Lehre im Ingenieurbereich



80 kW Induktionsheizung des LTM

An der Universität Paderborn wird ein Thermoschocklabor betrieben. Thermoschock ist eine extreme Form der thermomechanischen Beanspruchung von Bauteilen, die insbesondere bei Komponenten des Maschinenbaus auftritt. Solch hoch spezialisierte Labore bestehen zumeist aus vielen Komponenten von unterschiedlichen Herstellern. Fehlende Flexibilität bei der Umstellung und vielfältige Medienbrüche, die den Transfer von der Forschung in die Lehre ebenso verhindern wie die Kooperation mit der Industrie sind die Konsequenz von proprietären und herstellereigenen Schnittstellen der Laborapparaturen. Um diese Defizite zu beseitigen, wird in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Technische Mechanik an einem Service-orientierten Ansatz für Laborarchitekturen gearbeitet, um das Thermoschocklabor zu modularisieren und dadurch mehr Flexibilität zu ermöglichen. Damit Laborkomponenten flexibel angesprochen werden können, werden die Funktionalitäten als Dienst gekapselt und mit Hilfe von Feld-Bus-Controllern zugreifbar gemacht. Diese Modularisierung des Labors und die Standardisierung der Schnittstellen ermöglichen eine durchgängige Integration des Labors in die bestehende Uni-Infrastruktur.

#### Modularisierung durch LFBCs

Der Einsatz von Linux-Feld-Bus-Controllern (LFBCs) hat zwei wesentliche Gründe. Erstens erlaubt die neue Infrastruktur den

Wissenschaftlern ein größeres Maß an Flexibilität hinsichtlich ihrer Versuchsaufbauten bei gleichzeitiger Vereinfachung der Versuchsdurchführung. Zweitens kann der Transfer zwischen Versuchsdurchführung und Nachnutzung beschleunigt werden, indem Versuchsergebnisse automatisch und medienbruchfrei weiterverarbeitet werden. Weiterhin können Standardabläufe, z. B. die Berechnung von PID-Regelparametern, als Dienst auf dem LFBC ausgeführt werden.

#### Wissenserschließung und Nachnutzung

Hightech-Einrichtungen kooperieren in vielfältiger Weise mit der Industrie und insbesondere mit Unternehmen des Mittelstands, für die ein eigener Prüfstand zu kostspielig wäre. Weiterhin ist es Anspruch der universitären Ausbildung, Studierende optimal auf den aktuellen Bedarf der Industrie vorzubereiten und an aktuellen Forschungsfragen mitwirken zu lassen. Der Kooperationsprozess zwischen Wissenschaftlern, Industriepartnern und Studierenden wurde durch das Fehlen standardisierter Schnittstellen unterbrochen. Die untere Grafik zeigt das Thermoschocklabor als integrierten Bestandteil einer Systeminfrastruktur. Dabei werden die Systeme nicht isoliert betrachtet, sondern durch einen Service-orientierten Ansatz zu einem durchgängigen Systemverbund für wissenschaftliche Forschungs- und Arbeitsprozesse verknüpft.

#### Projektpartner:

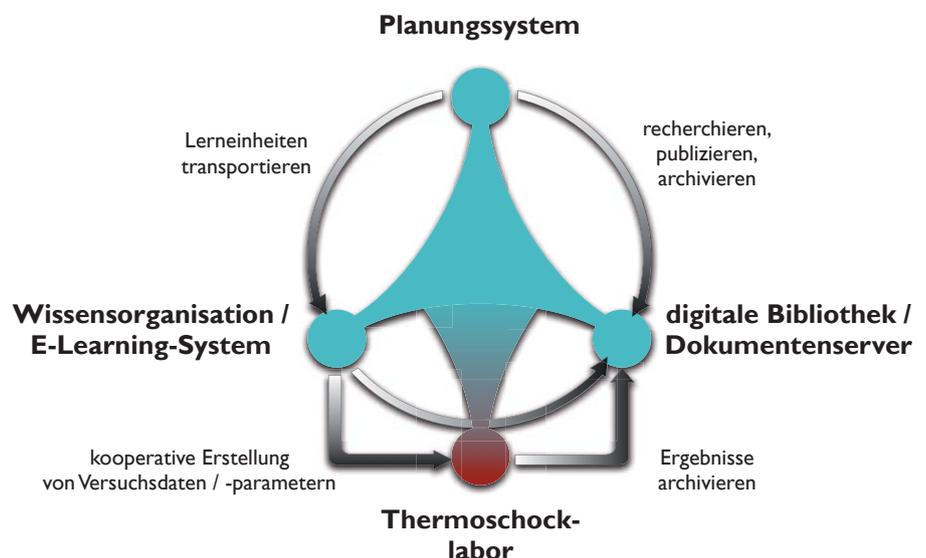
Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Mahnken  
Lehrstuhl für Technische Mechanik  
Fakultät für Maschinenbau  
Universität Paderborn

PD Dr.-Ing. habil. Ferdinand Ferber  
Lehrstuhl für Technische Mechanik  
Fakultät für Maschinenbau  
Universität Paderborn

#### Kontakt:

Dipl.-Inform. Jonas Schulte  
E-Mail: [Schulte@uni-paderborn.de](mailto:Schulte@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 65 18

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



Universitäre Infrastruktur mit einem integrierten Thermoschocklabor

# Bäckerei denkt Zukunft

## E-Learning-Lösungen für das Handwerk

Basierend auf der koaktiven Wissensplattform koaLA, die erfolgreich an der Universität eingesetzt wird, hat die Fachgruppe Informatik und Gesellschaft im Jahr 2010 in Zusammenarbeit mit der Firma Stahl – Partner für Bäcker – eine E-Learning-Plattform für den Einsatz in Bäckereien entwickelt und im Pilotbetrieb eingesetzt.

Die aktuellen Entwicklungen im Bäckerhandwerk erfordern von den Unternehmen ein Schulungskonzept, das sich sehr schnell an die sich verändernden Situationen anpassen lässt und den Mitarbeitern immer aktuelle Informationen bereitstellt. Klassische Schulungskonzepte, die die Anwesenheit der zu schulenden Personen erfordern, lassen sich im räumlich stark verteilten Bäckerhandwerk nur schwer umsetzen. Zusätzlich sollten die Kosten, die bei der Schulung aller Mitarbeiter eines Unternehmens entstehen, gesenkt werden. Die Bereichs-, Filial- und Personalleiter benötigen weiterhin eine aktuelle Übersicht über das Schulungsprogramm in den Unternehmen.

Durch den Einsatz einer E-Learning-Lösung konnten alle oben genannten Anforderungen erfüllt werden. Die koaLA-Plattform wurde für dieses Projekt um mehrere Module erweitert. Das Web-Based-Training-Modul ermöglicht die Durchführung der Kurse. Mithilfe des Prüfungsmoduls wird das neu erworbene Wissen abgefragt und dem Lernenden ein Feedback über

seinen Kenntnisstand zurückgegeben. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, zu einzelnen Fragen oder dem zugrunde liegenden Lernmaterial Rückfragen an die verantwortlichen Kursleiter zu stellen. Das Statistikmodul hilft den Vorgesetzten, die Lernfortschritte ihrer Mitarbeiter nachzuvollziehen, und ermöglicht eine bessere Planung der nächsten Schulungen. Um die Anpassungen der Kurse zu vereinfachen, wurde ein Editor entwickelt, der es den Kursleitern gestattet, schnell Änderungen an den Schulungen vorzunehmen und neue Schulungen zu entwickeln.

Als Pilotschulung wurde die Verkaufsschulung ausgewählt, die alle Mitarbeiter in den Filialen durchlaufen sollen. Die ersten Kunden für diese neue Form des Lernens im Bäckerhandwerk konnten durch die Fa. Stahl gewonnen werden und haben ihre Erfahrungen im Bereich E-Learning an andere Unternehmen weitergegeben. Der weitere Betrieb der Plattform wird durch die coactum GmbH sichergestellt. Im nächsten Jahr sind neue Schulungen (Produktion und Hygiene) sowie ein Ausbau der Plattform um ein Unternehmenswiki und ein Dokumentenmanagementsystem geplant. Eine Unterstützung für unternehmensinterne Schulungen, die nicht durch die Projektpartner erstellt und betreut werden, wird ab dem 1. Februar 2011 in den ersten Unternehmen pilotiert.



Einstiegsseite der E-Learning-Plattform „Bäckerei denkt Zukunft“



Die Projektpartner während des Kick-off-Meetings im Heinz Nixdorf Institut (v.l.n.r.): Dr. Harald Selke, Christian Schild, Wolfhard Stahl, Dominik Niehus, Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

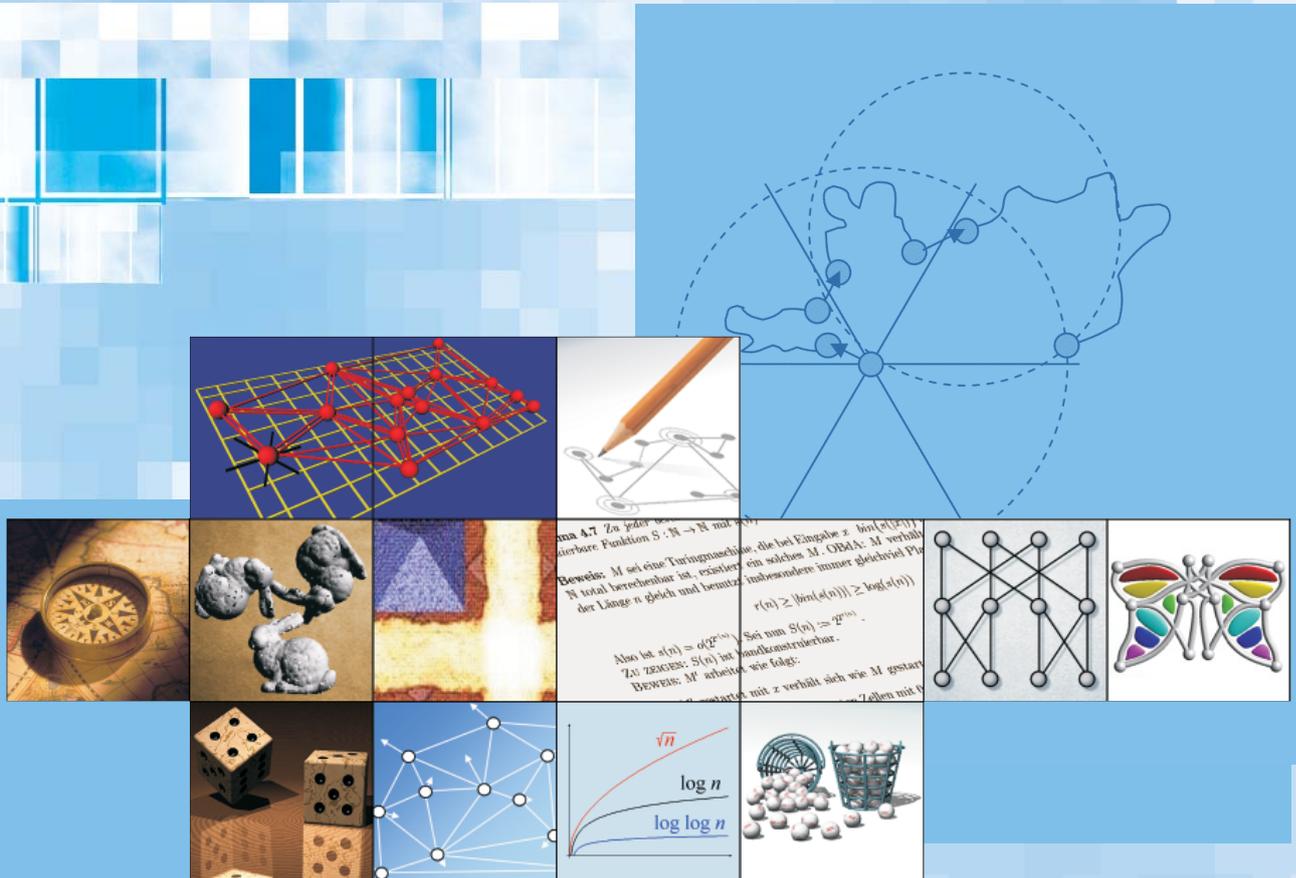
**Projektpartner:**  
Stahl - Partner für Bäcker  
Paderborn

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Inf. Christian Schild  
E-Mail: Christian.Schild@uni-paderborn.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 16

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

# Algorithmen und Komplexität

## Algorithmen und Komplexität



## Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

Hohe Rechenleistung kann nur durch eine Kombination von leistungsfähigen Computersystemen und Algorithmen, die das gegebene Problem so effizient wie möglich lösen, erreicht werden. Daher hat sich die Entwicklung von effizienten Algorithmen als klassischer Zweig der Informatik etabliert. Unsere Forschung konzentriert sich auf Fragestellungen, in denen aktuelle technische Möglichkeiten wie z. B. Hochleistungsrechnernetzwerke, drahtlose, mobile Kommunikationsnetze oder durch Spezialhardware unterstützte Systeme neue Herausforderungen für den Entwurf effizienter Algorithmen darstellen.

E-Mail: [fmadh@upb.de](mailto:fmadh@upb.de)  
 Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 64 80  
 Telefax: +49 (0) 52 51 | 60 64 82  
<http://www.hni.uni-paderborn.de/alg>

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 Grafik-anwendungen 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 PUB-Web 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 foto-

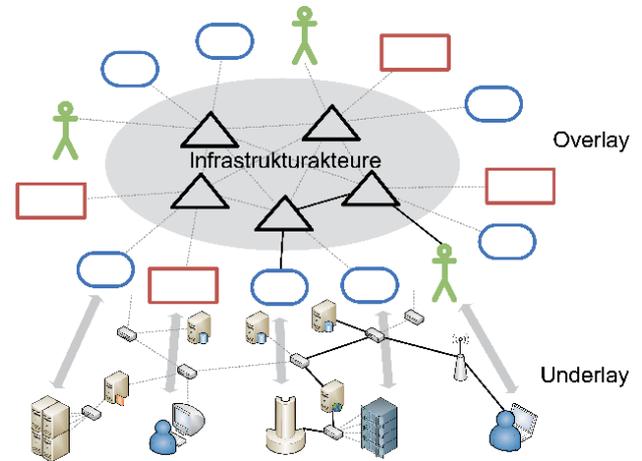
realistischen Eindruck erzeugen zu können, werden u. a. enorme Ansprüche an Datenstrukturen gestellt, mit denen solche Szenen verwaltet, und mit denen Bilder gerendert werden. Ein derzeitiger Schwerpunkt liegt bei uns auf der Entwicklung von Methoden, zu gegebener Blickposition und -richtung in Echtzeit 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.

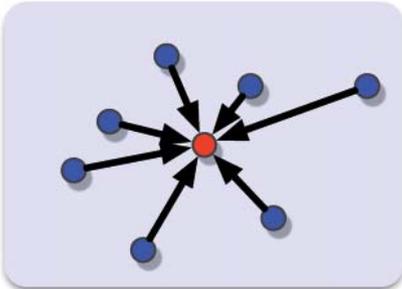
### Randomisierung: Eine grundlegende algorithmische Technik

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

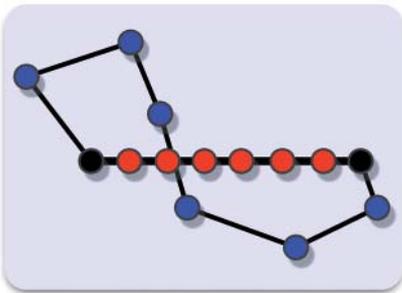
### Unsere Lehre: Eng mit der Forschung gekoppelt

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.

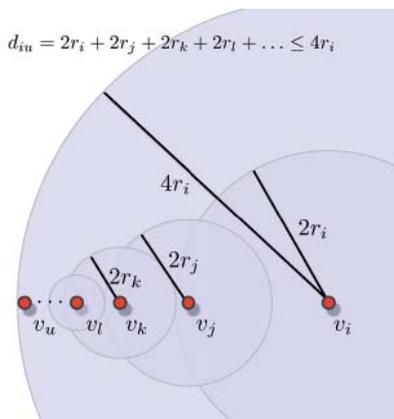
## Lokale Strategien für globale Aufgaben



Roboter formieren sich auf einem Punkt.



Roboter formieren sich auf einer Linie.



Lokalität beim Facility Location Problem

**Gefördert durch:**  
DFG-SmartTeams  
FRONTS

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Inf. Barbara Kempkes  
E-Mail: [barbaras@uni-paderborn.de](mailto:barbaras@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 69

Dipl.-Inform. Peter Pietrzyk  
E-Mail: [toon@uni-paderborn.de](mailto:toon@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 69

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

### Smart Teams

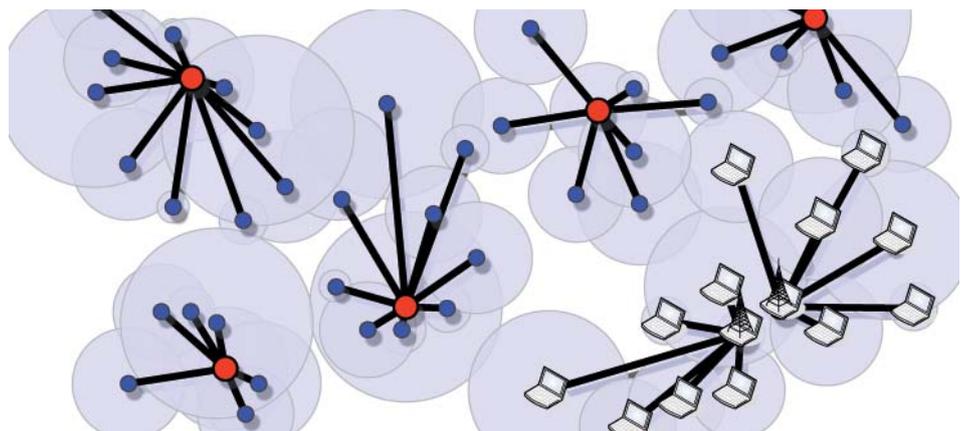
Im Smart Teams Projekt betrachten wir eine Gruppe von autonomen Robotern, die in einem unbekanntem Gelände ausgesetzt werden. Dies kann beispielsweise ein bisher unerforschter Planet oder auch der Grund eines Ozeans sein. Unsere Forschung verfolgt das Ziel, Strategien für die Roboter zu entwerfen, um verschiedenen Anforderungen einer solchen Mission gerecht zu werden. So ist in einer unbekanntem Umgebungen typischerweise keine Infrastruktur gegeben, die die Roboter nutzen könnten. Daher sind eigene Kommunikationsstrukturen erforderlich, bei denen die Roboter sich durch direkte Kommunikation miteinander austauschen. Die große algorithmische Herausforderung besteht nun darin, dass jeder einzelne Roboter lediglich einen sehr eingeschränkten Bereich seiner Umgebung kennt und daher auch nur in der Lage ist mit anderen Robotern in seiner unmittelbaren Umgebung zu kommunizieren. Obwohl jeder Roboter seine Entscheidungen lediglich auf der Grundlage dieser unvollständigen Informationen trifft, sollen die erreichten Lösungen, als Ganzes gesehen, beweisbar gut sein. Das heißt wir vergleichen die erzielte Lösung unserer lokalen Algorithmen mit einer optimalen Lösung eines globalen Algorithmus.

### Facility Location Problem

Im Bereich des Operations Research wird das Facility Location Problem als eine wichtige Fragestellung erachtet. Die Auf-

gabe bei diesem Problem besteht darin, Standorte für Warenhäuser so festzulegen, dass möglichst geringe Kosten entstehen. Dabei möchte man einerseits, da dies mit Kosten verbunden ist, möglichst wenige Warenhäuser eröffnen, andererseits sollen die Anfahrtskosten der Konsumenten, welche mit größerer Entfernung zum nächsten Warenhaus steigen, möglichst gering gehalten werden. Eine optimale Lösung für dieses Problem zu finden, hat sich als äußerst schwierig erwiesen. Aus diesem Grund werden schnelle Approximationsalgorithmen eingesetzt, um eine Lösung zu berechnen, deren Kosten nah an den optimalen Kosten liegen.

Durch eine in den letzten Jahren immer größer werdende Verbreitung von hartverdrahteten, sowie drahtlosen Netzwerken, ergeben sich neue Interpretationen des Facility Location Problems. So müssen beispielsweise in einem Netzwerk die Daten so auf Rechner verteilt werden, dass zum einen nur wenige von ihnen für die kostenintensive Datenhaltung zuständig sind, zum anderen alle restlichen Rechner schnell auf Daten zugreifen können. Die neue algorithmische Herausforderung besteht nun darin, mit den andauernden Veränderungen, denen diese Netzwerke unterworfen sind, umzugehen. Um eine kostengünstige Lösung in einem solchen dynamischen Netzwerk aufrechtzuerhalten, werden aus Effizienzgründen verteilte und lokale Algorithmen benötigt.



Eine Lösung für das Facility Location Problem

# Peer-to-Peer basierte Systeme

## Peer-to-Peer basiertes paralleles Rechnen

Für viele komplizierte Berechnungen benötigt man oft so viel Rechenleistung, dass man nicht darauf warten kann, bis ein herkömmlicher PC das Ergebnis geliefert hat. Da in vielen Unternehmen jedoch hunderte von PCs nur geringfügig ausgelastet sind, liegt es nahe, diese schlummernde Rechenkapazität für solche komplexen Berechnungen zu nutzen und somit hohe Investitionskosten für einen Parallelrechner zu sparen.

Üblicherweise sind diese PCs jedoch nicht ständig eingeschaltet und unterschiedlich stark ausgelastet. Daher muss eine Software, die diesen PC-Verbund als Parallelrechner nutzt, flexibel auf Veränderungen dieser Umstände reagieren. Mit der Paderborn University BSP-based Web Computing (PUB-Web) Library haben wir eine solche Middleware entwickelt: Als Peer-to-Peer-System passt sie sich dynamisch den Gegebenheiten des PC-Netzwerks an. Intelligente Lastbalancierungsalgorithmen verteilen die parallelen Prozesse auf die PCs gemäß der jeweils aktuell verfügbaren Rechenleistung und verschieben ggf. Prozesse zur Laufzeit auf weniger ausgelastete PCs.

Um selbst beim unerwarteten Ausfall einzelner PCs die Ausführung des parallelen Programms unterbrechungsfrei fortsetzen zu können, werden in regelmäßigen Abständen automatisiert Sicherungskopien der Prozesszustände angelegt und auf anderen PCs gespeichert. Falls nun ein PC abstürzt oder unerwartet ausgeschaltet wird, kann die Sicherungskopie auf einen Ersatz-PC transferiert und die Ausführung des Prozesses ab dem letzten Sicherungspunkt dort fortgesetzt werden (siehe untere Abbildung). Um

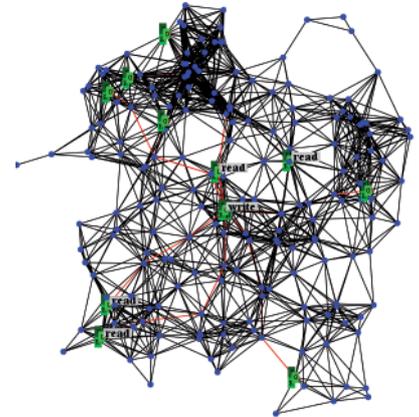
den Entwicklern paralleler Programme für PUB-Web keine Mehrarbeit aufzubürden, haben wir eine Thread-Migrationsbibliothek nebst Compiler für die Programmiersprache Java entwickelt.

## Datenplatzierung in mobilen ad-hoc Netzwerken

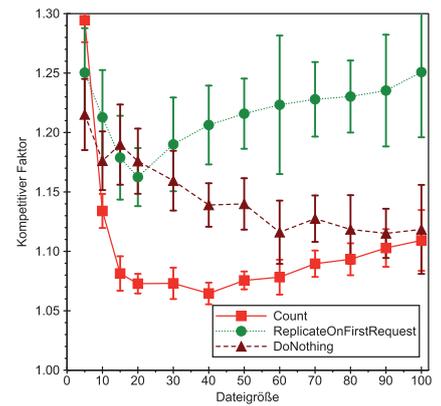
Zur Zeit nimmt sowohl die Vernetzung von mobilen drahtlosen Geräten wie Smartphones als auch die Verbreitung von Sensornetzwerken stark zu. Solche Netzwerke haben zwei wesentliche Eigenschaften: Die teilnehmenden Knoten bewegen sich und haben nur einen stark beschränkten Energiespeicher. Durch die Bewegung ändert sich ständig die Topologie des Netzwerks, was dessen Verwaltung deutlich erschwert. Der begrenzte Energiespeicher erfordert einen effizienten Umgang mit Energie.

Dieses Jahr haben wir Algorithmen für eine energiebewusste dynamische Platzierung von geteilten Daten in mobilen ad-hoc Netzwerken untersucht. Dazu haben wir ein Netzwerk bestehend aus 1.500 Knoten, die sich nach einem sozialen Bewegungsmodell bewegen, simuliert. Ein Teil der Knoten hat Schreib-/Lese-Zugriff auf eine Datei, die auf einem stationären Server gespeichert ist. Jeder Zugriff verursacht einen Energieverbrauch in allen Knoten, die bei der Übertragung von Daten beteiligt sind. Ein Algorithmus kann Kopien auf Knoten platzieren, um so dessen Lese-Zugriffe ohne eine Datenübertragung erfüllen zu können.

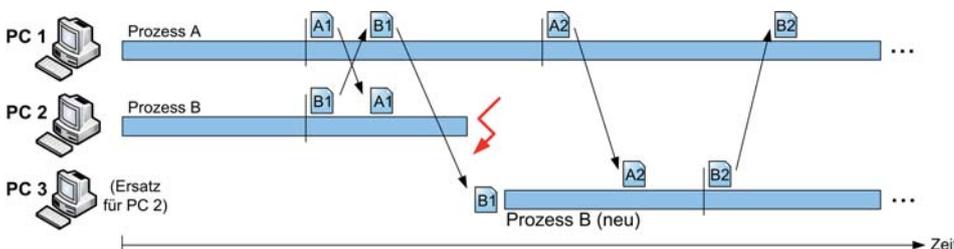
Die Simulationen haben gezeigt, dass die Qualität der untersuchten Algorithmen auf realistischen Eingaben deutlich besser ist, als unsere worst-case Analyse nahelegt.



Simulation von verschiedenen Datenplatzierungsalgorithmen in einem mobilen ad-hoc Netzwerk



Die gemessenen kompetitiven Faktoren von verschiedenen Datenplatzierungsalgorithmen



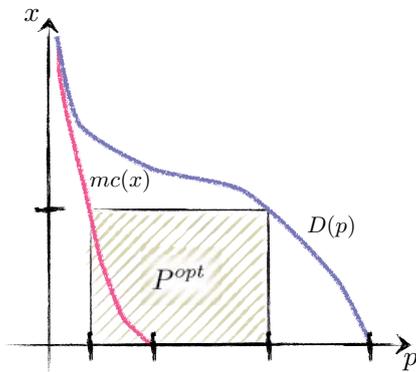
Fortsetzen eines Prozesses von einem abgestürzten PC

**Gefördert durch:**  
FRONTS  
AEOLUS

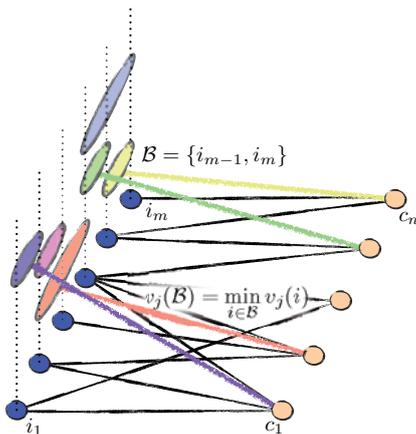
**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Joachim Gehweiler  
E-Mail: joge@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 34

Dr. rer. nat. Jan Mehler  
E-Mail: Jan.Mehler@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 33

## Ressourcenmanagement und -allokation



Preisoptimierung für ein einzelnes Produkt



Produktbündelung als Vertriebskonzept: Ein modifizierter Präferenzgraph

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.

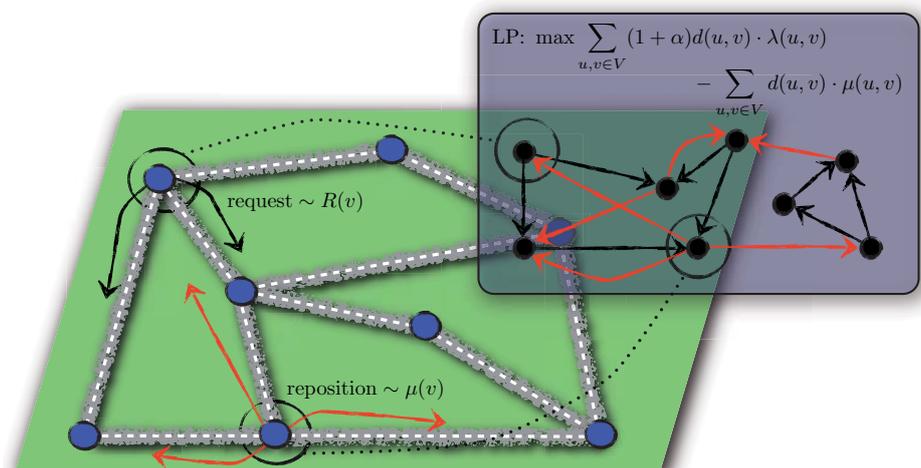
### Preisoptimierung

Ein Fokus unserer Arbeit liegt auf der Frage nach effizienten Algorithmen für die kombinatorische Preisoptimierung, d. h. der Berechnung erlösmaximierender Preise für die Allokation von Ressourcen an Agenten mit komplexen Präferenzen. Diese Algorithmen bilden unter anderem den Kern aktueller mehrdimensionaler Auktionsmechanismen in strategischen Szenarien, einem zentralen Bereich der algorithmischen Spieltheorie und Mikroökonomie. Auf der einen Seite befassen wir uns mit der Anwendung klassischer algorithmischer Techniken – insbesondere Approximation und Randomisierung – in diesem Problemfeld. Neben konkreten Verfahren zur Preisoptimierung interessieren uns hier auch komplexitätstheoretische Grenzen für das algorithmisch Machbare und rein quantitative Fragestellungen – etwa nach dem bisher wenig untersuchten Nutzen von Zufall im optimalen Mechanismendesign. Zum

anderen sind im Internet mittlerweile weit verbreitete alternative Vertriebskonzepte ebenfalls Gegenstand unserer Untersuchungen. Methoden zur Preisdiskriminierung, z. B. durch Bündelung von Produkten oder verschiedene Auktionsformen, werden von Händlern mit dem Ziel der Erlössteigerung eingesetzt. Unser Fokus liegt auf der systematischen Klassifikation der algorithmischen Komplexität von Preisoptimierung in den zugrundeliegenden Modellen.

### Ressourcenbalancierung

Ein zentrales Problem bei der Ressourcenallokation, welches vor allem in Logistiknetzen auftritt, besteht in der möglichst lokalen Beantwortung von Anfragen nach Ressourcen mit dem Ziel, lange Transportwege im Netzwerk und damit verbundene Zeitverluste zu vermeiden. Ein Lösungsansatz besteht hier in Verfahren, die eine möglichst balancierte Verteilung der Ressourcen im Netzwerk aufrechterhalten. Exemplarisch entwickeln wir hier am Beispiel von Car-Sharing Programmen probabilistische Strategien, die für gegebene Anfragemuster näherungsweise optimale Fahrzeugverteilungen garantieren.



Netzwerkflüsse liefern probabilistische Repositionierungsstrategien für ein gegebenes Anfragemuster im Car-Sharing.

#### Kontakt:

Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Patrick Briest  
E-Mail: Patrick.Briest@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 64 57

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

## Algorithmen in der Computergrafik

### 3D-Darstellung auf mobilen Geräten

Komplexe 3D-Szenen, die aus mehreren Millionen Dreiecken aufgebaut sind, können heutzutage mit ausgeklügelten Occlusion-Culling-Verfahren in Echtzeit auf Bürorechnern mit leistungsfähiger Grafikhardware dargestellt werden. Wenn man sich diese Szenen aber unterwegs ansehen möchte, beispielsweise auf einem Netbook oder einem Mobiltelefon, steht man vor zwei großen Problemen: Zum einen ist der Hauptspeicher dieser Geräte kleiner und zum anderen ist die Grafikhardware um ein Vielfaches weniger leistungsfähig. Wir entwickeln Algorithmen, um komplexe 3D-Szenen auch auf mobilen Geräten darstellen zu können. Eines unserer Verfahren analysiert beispielsweise die globale Sichtbarkeit einer 3D-Szene und unterteilt den Raum in einzelne Zellen. Solange sich der Betrachter innerhalb einer solchen Zelle befindet, sind annähernd dieselben Teile der Szene sichtbar. Diese Sichtbarkeitsunterteilung wird gespeichert und auf einem mobilen Gerät zur 3D-Darstellung verwendet. Bei der 3D-Darstellung müssen keine aufwendigen Verfahren die Sichtbarkeit von Objekten bestimmen, sondern es kann direkt auf die vorberechneten Daten zurückgegriffen werden. Allerdings benötigen die Sichtbarkeitsinformationen viel Speicherplatz. Daher haben wir weiterhin Algorithmen entworfen, um die benötigte Menge an Speicherplatz zu reduzieren. Hierfür werden die Zellen der Sichtbarkeitsunterteilung untersucht und Zellen mit

ähnlicher Sichtbarkeit identifiziert. Die ähnlichen Zellen werden zu einer neuen Zelle zusammengefasst. Insgesamt kann auf die Weise der notwendige Speicherplatz für die Sichtbarkeitsinformationen stark reduziert werden. Die Algorithmen wurden implementiert und mit zusätzlichen Verfahren zur Beschleunigung der 3D-Darstellung auf einem Netbook praktisch evaluiert. Die Auswertung zeigt, dass eine interaktive Navigation durch eine komplexe 3D-Szene mithilfe unserer Algorithmen ermöglicht wird. Mit konventionellen Methoden ist die 3D-Darstellung derselben Szene auf diesem mobilen Gerät unbenutzbar langsam.

### Automatische Wegeberechnung in 3D-Modellen

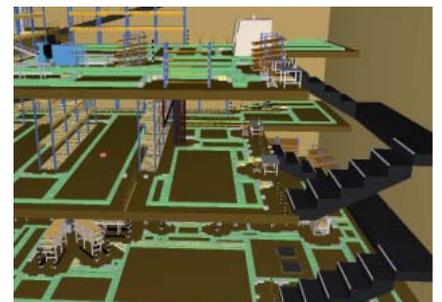
Simulationssoftware für Materialflusssimulationen unterstützt das 3D-Layout von Simulationsmodellen. Für Anlagen Teile wie Fließbänder oder Gabelstapler müssen Wege modelliert werden, um Waren oder Fahrzeuge über die modellierten Wege zu navigieren. Änderungen am Simulationsmodell durch den Modellierer erfordern zeitaufwendige Änderungen der modellierten Pfade. Wir entwickeln Motion-Planning Algorithmen, die Wege automatisch berechnen. Unsere Algorithmen berechnen allein aus der statischen virtuellen Szene die Fahrbohlenoberfläche und speichern sie effizient in räumlichen Datenstrukturen. Damit ist eine automatische Navigation von Fahrzeugen in mehrstöckigen Gebäuden, die über Rampen und Treppen verbunden sind, möglich.



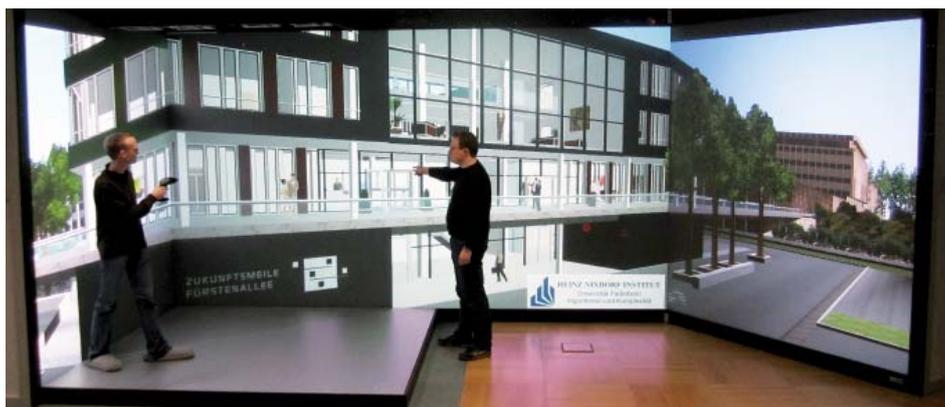
3D-Darstellung des Power-Plant-Modells durch unseren Algorithmus auf einem Netbook. Blaue Teile wurden als wichtig klassifiziert und zuerst dargestellt, rote Teile wurden als unwichtig klassifiziert und zuletzt dargestellt.



Automatische Wegeberechnung in 3D-Modellen



Visualisierung der Datenstruktur



Rendering des Gebäudes der Zukunftsmeile Fürstenallee auf der Powerwall des HD-Visualisierungszentrums. Entwurf und Visualisierung durch Matern und Wäschle Architekten

#### Gefördert durch:

International Graduate School  
PaSCo-GK  
DFG-AlgoEngCG  
DFG-AVIPASIA  
ViProSim

#### Kontakt:

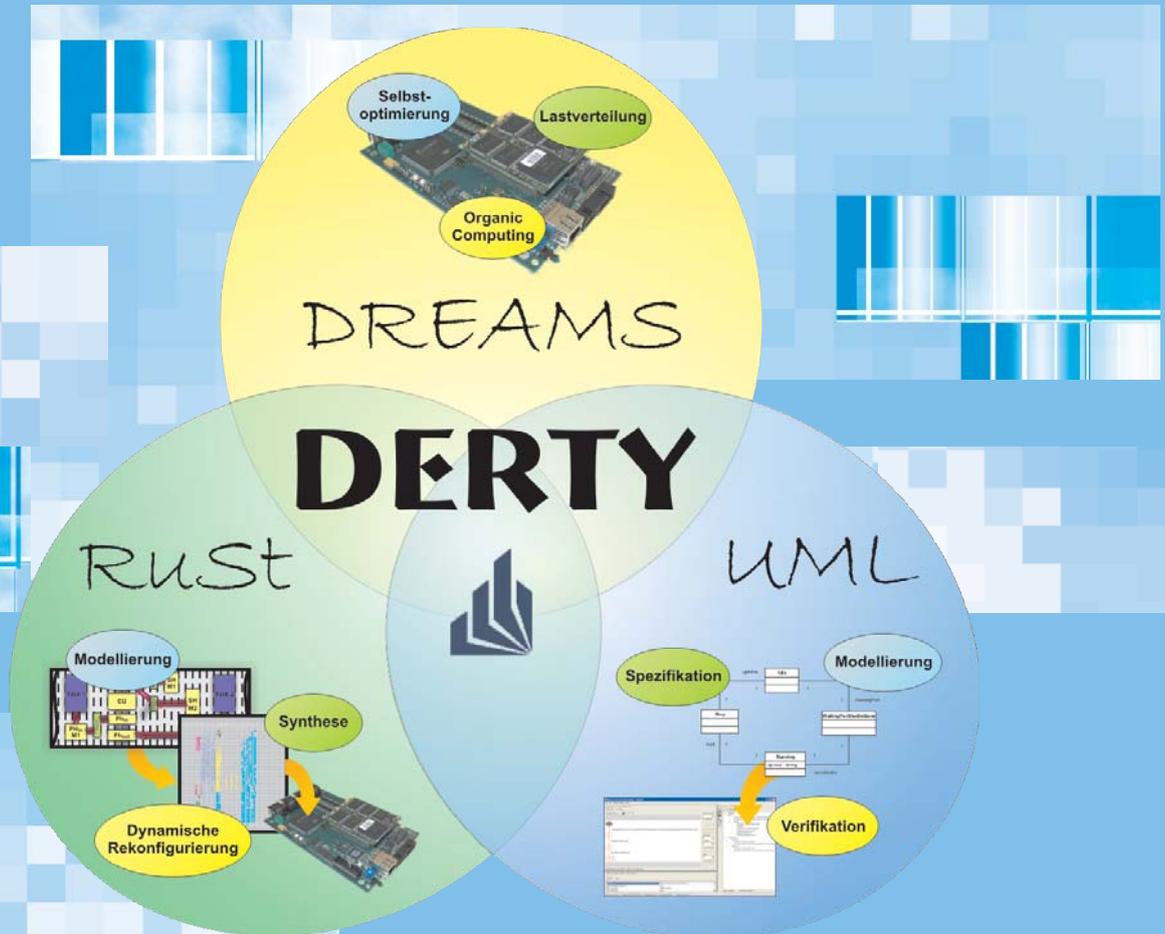
Benjamin Eikel M. Sc.  
E-Mail: eikel@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 52

Dr. rer. nat. Matthias Fischer  
E-Mail: mafi@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 56

<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 Fachgruppe 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 Biosphäre (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. In der Fachwelt wird alternativ der Begriff „Cyber Physical Systems“ (CPS) diskutiert. Hiermit wird das Zusammenwirken von virtualisierten IT-Diensten (Cloud Computing) mit eng an der physikalischen Umgebung gekoppelten Eingebetteten Realzeit-Systemen charakterisiert.

Objekte der Cyber Biosphäre 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 Biosphäre 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. Distributed Embedded Realtime Systems, 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 verfolgen darüber hinaus auch alternative Ansätze. Aspekt-Orientierung wird derzeit im Modellierungsumfeld intensiv diskutiert, in neuerer Zeit auch im Bereich eingebetteter Realzeitsysteme. In Kooperation mit der Universidade Federal do Rio Grande do Sul 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) bzw. ein Distributed Real-time Extensible Application Management System (DREAMS) aufgesetzt. Das von uns entwickelte, fein-granular konfigurierbare RTOS ist 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. Diese Lösungen erlauben es, hochzuverlässige Hardware, neuartige Sensornetze oder adaptive Produktionssteuerungssysteme zu realisieren. Derzeit untersuchen wir, wie dieser Ansatz für Selbstheilungsdienste einer darunter liegenden autonomen Hardwareplattform genutzt werden kann. Den Entwurfsprozess derartiger RTOS-basierter Anwendungen unterstützen wir mit Hilfe eines hocheffizienten Simulationssystems.

Es liegt nahe, die zugrunde liegende Hardware ebenfalls rekonfigurierbar auszulegen. Diese Richtung verfolgt unsere Gruppe **DERTy RuSt** (Reconfigurable Systems). Wir untersuchen den Einsatz sogenannter Algorithmischer Skelette, um den Entwurf rekonfigurierbarer Hardware zu unterstützen und gleichzeitig die Qualität der Implementierungen zu heben. Im Zusammenspiel zwischen programmierbarer Prozessoren und FPGAS eröffnet sich Potentiale einer „transmodalen Migration“, d. h. der dynamischen Migration von Anwendungen und RTOS-Dienste zwischen Hardware- und Software-Implementierung. Hier wurde ein neuartiger Ansatz realisiert, der auch Netzwerke derartiger Knoten betrachtet.

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 AR-basierten Entwurfssystemen für Eingebettete Systeme.

# Konfigurierbarer IP-Stack für Smart Cards

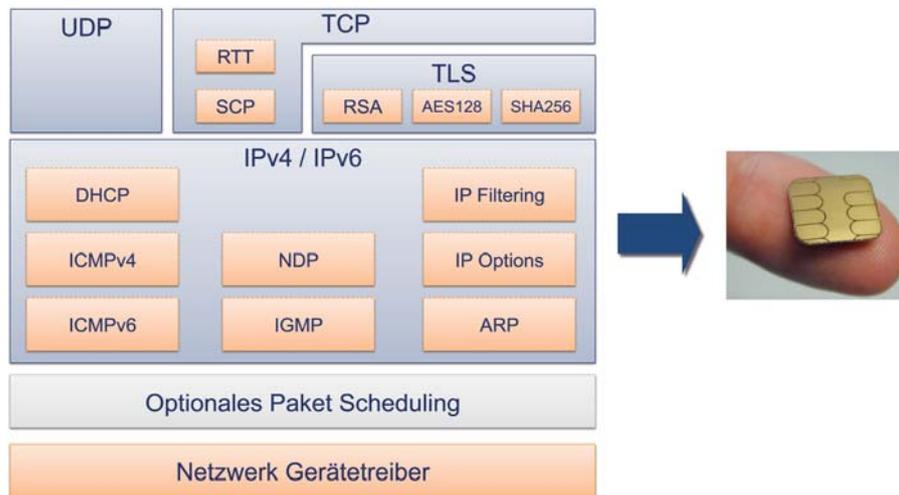
Kooperationsprojekt mit der Sagem Orga GmbH



Eines der möglichen Einsatzgebiete: Smart Card Web Server

## Emergente Smart Card Systeme

Viele eingebettete Systeme haben im Laufe der Zeit einen Zuwachs an Ressourcen erfahren, wodurch komplexere Anwendungsszenarien Einzug in dieses Gebiet erhielten. Ähnlich verhält es sich mit emergenten Smart Card Systemen. Der Zuwachs an Speicherkapazität und Prozessorleistung ermöglicht es etablierte Techniken innerhalb moderner Smart Cards zu nutzen. Zu einer dieser Techniken gehört auch die Verwendung von Kommunikationsprotokollen wie



Die Komponenten des zu entwickelnden IP-Stacks für Smart Cards im Schichtenmodell

z. B. TCP/IP und UDP. Ein auf diesen Protokollen basierender Kommunikations-Stack zeichnet sich gerade durch die bestehende große Menge von wiederverwendbaren Anwendungen und seiner im Vergleich zu den bestehenden Kommunikationstechniken hohen Performanz aus. Zudem legt die Verwendung einer komplett IP-basierten Kommunikation die Basis für weitere Technologien. Gerade dieses wird zunehmend an Bedeutung gewinnen, wie ein Kommentar des Kooperationspartners zeigt: „Die Vernetzung mit dem Internet wird für die Integration von Smart Cards als Security Token in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen eine entscheidende Rolle spielen.“ (Sagem Orga GmbH)

## Ziel des Projektes

Das Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung und Erforschung eines konfigurierbaren IP-Stacks für den Einsatz in

Smart Card Systemen. Bei dem IP-Stack handelt es sich um einen voll funktionsfähigen und kompatiblen Protokoll-Stack, welcher dem vom Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) definierten Standard TS 102 483 für „IP-Konnektivität zwischen Smart Cards und Terminal“ entspricht. In diesen Standard fällt unter anderem die Unterstützung von IPV4, IPV6, UDP, TCP und TLS sowie einer Reihe von weiteren Protokollen. Dabei stellt jedoch die stark ressourcenbeschränkte Einsatzumgebung ein großes Problem für einen solch mächtigen Kommunikations-Stack dar. Im Verlauf dieses Projekts sollen daher Techniken erforscht werden, welche es ermöglichen möglichst minimale Ressourcenanforderungen zu erfüllen. Für diese Techniken werden unter anderem Static-Link Time Optimization sowie Speicheroptimierungsverfahren oder auch Cross-Layering betrachtet. Basierend auf Kommunikationsprofilen soll im weiteren Verlauf des Projekts eine automatische Konfiguration des IP-Stack vorgenommen werden, welche einerseits statisch, andererseits dynamisch realisiert werden soll. Um dieses Ziel erreichen zu können, müssen neue Verfahren entwickelt werden. Es soll der in einem Anwendungsszenario nicht benötigte Code durch geeignete Verfahren zum Link-Zeitpunkt entfernt werden. Generell lassen sich Teile von Anwendungen dabei in unterschiedlichen Größenordnungen berücksichtigen. Auf kleinster Ebene können die einzelnen ausführbaren Anweisungen der Anwendung betrachtet werden. Diese feingranulare Ebene soll in diesem Projekt als Konfigurations- bzw. Optimierungsebene dienen. Die Verfahren sollen so den flüchtigen wie auch nicht flüchtigen Speicherbedarf soweit verringern, dass es möglich ist den IP-Stack zusammen mit dem Betriebssystem und den Anwendungen des Projektpartners auf der Smart Card betreiben zu können. Dieses Projekt wird in Zusammenarbeit mit der Sagem Orga GmbH in Paderborn durchgeführt. Das Unternehmen wird derzeit in „Morpho e-Documents“ umbenannt, ist aber im Moment noch mit dem rechtlichen Namen „Sagem Orga GmbH“ eingetragen.



**Projektpartner:**  
Sagem Orga GmbH

**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Daniel Baldin  
E-Mail: dbaldin@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 65 15

# 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. Im Umfeld der Echtzeit-Betriebssysteme erzeugt dieses spezifische Konzept 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 Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende System des Maschinenbaus“ (SFB 614) muss die Virtualisierungsplattform der hohen Dynamik selbstoptimierender Systeme gerecht werden und sich entsprechend anpassen können, aber zusätzlich Echtzeit- und Effizienzbedingungen genügen, die für eingebettete Systeme erforderlich sind. Die Beschränkungen selbstoptimierender Systeme sind im Rahmen der Entwicklung aktueller Virtualisierungstechniken noch nicht berücksichtigt worden und werden derzeit im Rahmen des SFB erarbeitet.

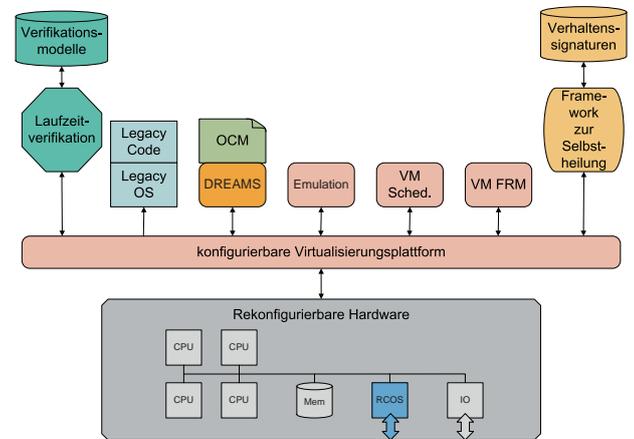
### Anwendungsfeld Mechatronische Systeme

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 Trennung der Systeme erreicht werden kann.

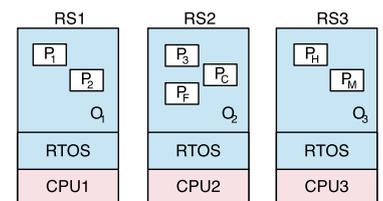
Die Trennung durch die Virtualisierung ermöglicht zudem eine Isolation zwischen gleichzeitig vorhandenen virtuellen

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 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 von heterogenen Betriebssystemumgebungen, um den konkurrierenden Anforderungen nach High-Level APIs für die Applikationsentwicklung, Echtzeitbedingungen und Unterstützung für Legacy-Software gerecht zu werden. Die Unterstützung für Legacy-Software, insbesondere Echtzeitbetriebssystemen, war der Fokus des letzten Jahres. Dazu wurde das Scheduling von vollvirtualisierten Gastsystemen, welche harte Echtzeitbetriebssysteme ausführen, untersucht. Als Ergebnis wurde eine Methode veröffentlicht, mit der es möglich ist, aus gegebenen Legacy-Echtzeitsystemen ein neues virtualisiertes Echtzeitsystem abzuleiten, welches die Echtzeitbedingungen der einzelnen Legacy-Echtzeitsysteme weiterhin garantieren kann, ohne diese durch Paravirtualisierung verändern zu müssen. Das Scheduling der Gäste kann dabei mit einem einfachen Zeitscheibenscheduling vorgenommen werden, was die Komplexität des Hypervisors gering hält und die Fehleranfälligkeit verringert.



Konfigurierbare Virtualisierungsplattform für eingebettete mechatronische Systeme



Transformation  
Konfigurierbare Virtualisierungsplattform für eingebettete mechatronische Systeme

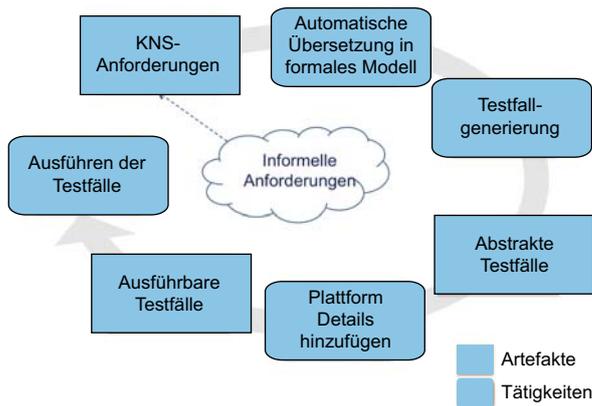
Gefördert durch:  
SFB 614 Teilprojekt C2  
SFB 614 Transferprojekt T4

**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Timo Kerstan  
E-Mail: Timo.Kerstan@hni.uni-paderborn.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 65 15

# Modellierung und Verifikation

## Methoden für eingebettete Systeme

Der modellbasierte Entwurf eingebetteter Systeme ist ein hochaktuelles Arbeitsgebiet in der Forschung und 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.



Der Prozess der Testfallgenerierung

dete Personen verwendbar sind. Der Einsatz formaler Methoden zur Spezifikation von Anforderungen ist in der industriellen Praxis daher noch nicht weit verbreitet. Ein Kompromiss für dieses Problem stellt die Verwendung einer kontrollierten natürlichen Sprache (KNS) dar.

Eine KNS ist eine natürliche Sprache (z. B. Englisch), in der nur 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.

### Automatische Testfallgenerierung aus kontrolliert-natürlichen Anforderungen

Ein wichtiger Schritt für die Qualitätsprüfung von Software ist das funktionale Testen der Software. Hierbei wird das zu testende System ausgeführt und stichprobenartig mit ausgewählten Eingaben stimuliert. Ziel des Testens ist es zu überprüfen, ob das System sich so verhält, wie es laut vorher definierten Anforderungsdokumenten gewünscht ist. Daher wird funktionales Testen häufig auch als anforderungsbasiertes Testen bezeichnet.

Die Anforderungsdokumente sind in der Praxis typischerweise in natürlicher Sprache verfasst, da viele unterschiedliche Rollen (wie Kunde, Softwareentwicklung und Testabteilung) mit diesen Dokumenten arbeiten. Daher werden die Anforderungsdokumente in natürlicher Sprache erstellt, da die natürliche Sprache für alle Beteiligten einfach zu verwenden ist. Der Nachteil der natürlichen Sprache ist, dass sie unpräzise und mehrdeutig ist.

Um dieses Problem zu umgehen, bietet sich der Einsatz von formalen Methoden zur Anforderungserfassung an, da diese eine eindeutig definierte Semantik besitzen. Der Nachteil dieser Methoden ist jedoch, dass sie nur für speziell ausgebil-

In unserer Fachgruppe ist eine KNS zur Erfassung von Anforderungen aus dem Bereich der reaktiven Echtzeitsysteme entwickelt worden. Die eindeutige Semantik dieser KNS ermöglicht die automatische Generierung von Testfällen zum anforderungsbasierten Testen. Die Testfallgenerierung setzt heuristische Suchen aus dem Bereich der KI-Planung ein, um den großen Suchraum, der durch die Anforderungen beschrieben wird, erfolgreich durchsuchen zu können. Die generierte Testfallmenge garantiert eine MC/DC Überdeckung der in den Anforderungen beschriebenen Entscheidungen und Bedingungen. Weiterhin sind die Testfälle in der Lage, auch nicht-deterministisches Zeitverhalten zu testen. Durchgeführte Fallstudien mit Anforderungsdokumenten aus dem Bereich der Automobilindustrie haben gezeigt, dass die verwendeten Methoden zur Testfallgenerierung für Anforderungsdokumente mit industriellem Umfang tragfähig sind.

### Immunorepairing für elektronische Schaltungen

„Immunorepairing“ dient zur Implementierung fehlertoleranter elektronischer Schaltungen mit Hilfe der Nachahmung des biologischen Immunsystems. Die Fehlertoleranz kann in solchen Systemen



#### Kontakt:

M. Sc. Matthias Schnelte  
E-Mail: [schnelte@upb.de](mailto:schnelte@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 52 51

M. Sc.-Eng. Norma Montealegre  
E-Mail: [norma@upb.de](mailto:norma@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 64 93

durch Fehlererkennung und Fehlerbehebung erreicht werden. In diesem Projekt wird die Fehlererkennung mit Hilfe von selbsttestenden Systemen und des so genannten formalen Immunnetzes umgesetzt. Die Fehlerbehebung wird mit Hilfe von Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) realisiert.

Formale Immunnetze sind Teil des „Immunocomputing“, einem Forschungsgebiet, das von Alexander Tarakanov initiiert wurde. Tarakanov versuchte, die Prinzipien der Interaktion zwischen Proteinen des biologischen Immunsystems zu formalisieren. Er verwendete diese Ideen zur Lösung von Berechnungsproblemen, wie beispielsweise der Mustererkennung. Im Kontext des „Immunorepairing“ dienen die formalen Immunnetze zur Fehlererkennung und zur Bestimmung adäquater Verfahren zur Fehlerbehebung.

Selbsttestende Systeme sind Schaltungen, die eigenes fehlerhaftes Verhalten erkennen und signalisieren können. Normalerweise bestehen selbsttestende Systeme aus einer Menge an Testmustern, einer Teststrategie und einem Testbewerter. Dabei wäre es in einem selbsttestenden System wünschenswert, dass die Zeit für die Testbewertung möglichst gering ist.

Sobald eine Schaltung ein fehlerhaftes Verhalten signalisiert, sollte ein Verfahren zur Fehlerbehebung zugeordnet und ausgeführt werden. Die Schaltungen werden auf einem FPGA implementiert und können über komplette oder partielle Rekonfiguration wiederhergestellt werden. Eine Strategie zur Minimierung der Fehlererkennungs- und Fehlerbehebungszeiten für große Schaltungen ist die Schaltungspartitionierung. In einer partitionierten Schaltung wird versucht, eine Lösung der Minimierung für die Zeiten des Testens, der Testbewertung, der Zuordnung des Verfahrens zur Fehlerbehebung und der eigentlichen Fehlerbehebung zu finden. Die Zeitenreihenfolge ist in der rechten oberen Abbildung zu sehen.

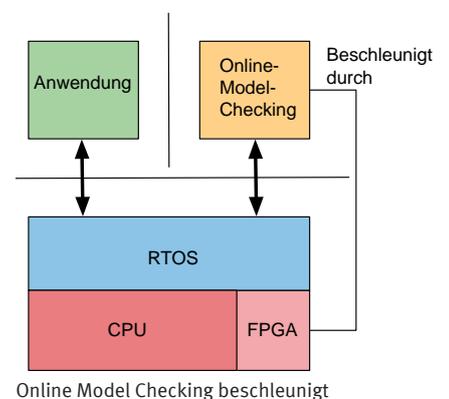
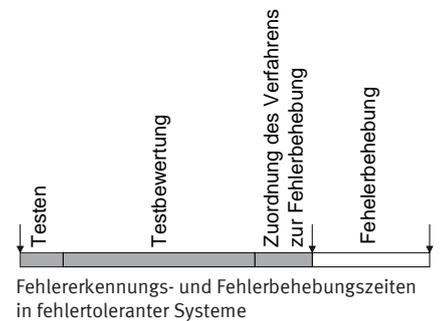
### Online Modellprüfung als Betriebssystem Service

Online Model Checking ist eine leichtgewichtige Verifikationstechnik die verwendet wird um die Korrektheit der nächsten  $n$  Schritte auf Modellebene eines gegebenen Echtzeitsystems zur Laufzeit zu überprüfen. Hierfür werden die Zustandsinformationen der Echtzeitanwendungen periodisch beobachtet. Es ist ausreichend die Zustände zu betrachten, die bis zur nächsten Beobachtung erreicht werden können. Aus diesem Grund ist die Größe des Zustandsraums nicht mehr problematisch, auch nicht bei großen komplexen Systemen.

Unser Online Model Checking Ansatz ist realisiert als ein isolierter Dienst im Userspace. Das Echtzeitbetriebssystem führt den Dienst so früh wie möglich aus, ohne Zeitschranken von harten Echtzeitanwendungen zu verletzen. Um das zu erreichen, folgen wir einem deterministischen Ansatz, bei dem ein fester Zeitabschnitt zu Beginn jedes Zyklus reserviert wird. Dieser Zeitabschnitt steht exklusiv dem Verifikationsdienst zur Verfügung. Wird dieser Zeitabschnitt nicht für die Verifikation benötigt, kann dieser Abschnitt temporär für Anwendungen verwendet werden.

Um die Performance zu verbessern, wird das Modell mit heuristischem Wissen aus der Testphase angereichert. Hierdurch kann der Online Model Checking-Dienst weiter in die Zukunft schauen und es können zuerst die Zustände geprüft werden, die eine hohe Ausführungswahrscheinlichkeit besitzen.

Um den Dienst weiter zu beschleunigen, wird derzeit untersucht, wie sich der Algorithmus parallelisieren lässt, um einige Subroutinen auf einen FPGA auszulagern. Bei der Verifikation des Modells zur Laufzeit ist zu entscheiden, ob die Variablen zu einem gegebenen Zustand eine Boolesche Formel erfüllen oder nicht. Diese Auswertung soll auf den FPGA ausgelagert werden, um mehrere Zustände parallel auszuwerten.



# Selbstorganisation

## Kommunikation, Rekonfiguration



Der Kohlweißling dient als Vorbild für künstliche Systeme.

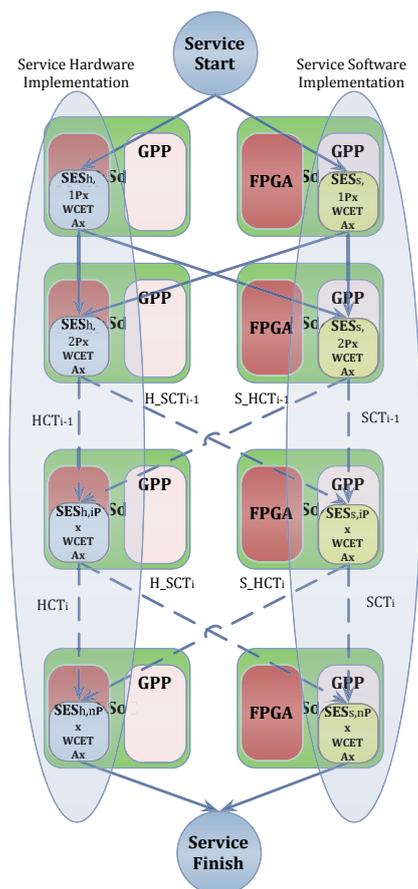
**Biologisch inspirierte Overlay-Netzwerke**  
Connected k-Hop Dominating Sets (CkDS) haben verschiedene Anwendungsgebiete in drahtlosen Sensornetzwerken. Sie werden z. B. benutzt, um die Auswirkungen des Broadcast Storm-Problems zu lindern oder um ein einstellbares Maß von Abdeckung zu gewährleisten, während sie die Konnektivität aufrechterhalten. Es wird ein neues Protokoll zur CkDS-Konstruktion in drahtlosen Sensornetzwerken vorgeschlagen, welches seine Inspiration aus dem Verhalten der Ei-ablegenden Kohlweißling-Schmetterlinge bezieht, die über verschiedene Eigenschaften verfügen, welche erstrebenswert für das künstliche System (das drahtlose Sensornetzwerk) sind.

Das Protokoll ist selbst-organisierend, da sich ein Muster auf der globalen Ebene, das CkDS, aufgrund vielfältiger Interaktionen auf unterster Ebene herausbildet. Diese Interaktionen werden ferner spezifiziert durch Regeln, die allein unter Nutzung lokaler Informationen ohne Bezug auf das globale Muster ausgeführt werden. 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 Dominating Set, während der zweite die existierenden dominierenden Fragmente zu einem CkDS verbindet. Es wurden aufwändige Simulationen durchgeführt, um die Effizienz sowie andere Eigenschaften, wie in etwa die Skalierbarkeit, des Protokolls zu evaluieren und, um es mit einem kürzlich vorgestellten, dem Stand der Technik entstammenden CkDS-Konstruktionsprotokoll zu vergleichen. Dabei zeigte sich u. a., dass im Gegensatz zu den Ansätzen des bisherigen Standes der Forschung die von dem vorgeschlagenen Protokoll zur Konstruktion des CkDS benötigten Kosten sowie die Konstruktionszeit unabhängig vom gewählten  $k$  sind. Dieses macht das vorgeschlagene Protokoll insbesondere geeignet für kommende Generationen großer Netzwerke.

### Reconfigurable Systems on Chip

In verteilten heterogenen Reconfigurable Systems on Chip (RSoCs) sind Ressourcen beschränkt und die Anwendungen variieren. In solchen Umgebungen können Betriebssystemdienste so entworfen werden, dass sie sich zur Laufzeit verändernden Ressourcenanforderungen anpassen. Dieses wird erreicht durch mehrfache Implementierung und Partitionierung in SES (Small Execution Segment). Diese führt zu mehreren möglichen Konfigurationen eines Betriebssystemdienstes. Eine Anwendung die auf einem RCoC ausgeführt wird, kann einen Betriebssystemdienst anfordern. Auf Basis der aktuellen Ressourcenbelegung und der Bedingungen der Anwendung, die den Dienst anfordert, wird eine entsprechende Konfiguration des Dienstes ausgewählt. Für diesen Prozess wurde eine spezielle Heuristik entwickelt. Mit Hilfe der Heuristik ist es möglich eine passende Konfiguration zu finden, sogar bei knappen Ressourcen. Basierend auf einem Analyseverfahren ist es möglich im Vorfeld zu bestimmen, ob die Ressourcen auf einem RSoC vorhanden sind oder ob Ressourcen eines anderen RSoC benötigt werden, um einen Dienst in einer seiner Konfigurationen zu realisieren.

Im Fall, dass der Dienst auf dem RSoC der anfordernden Anwendung ausgeführt werden kann, werden die SESs der ausgewählten Konfiguration zum RSoC migriert und der Dienst ausgeführt. Im Fall einer verteilten Ausführung findet der Algorithmus eine passende verteilte Konfiguration innerhalb der Randbedingungen. In diesem Fall werden die SESs zu den entsprechenden RSoCs migriert.



Verteilte Ausführung im RSoC Netzwerk

#### Kontakt:

Prof. Dr. rer. nat Franz Rammig  
E-Mail: franz@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 65 00

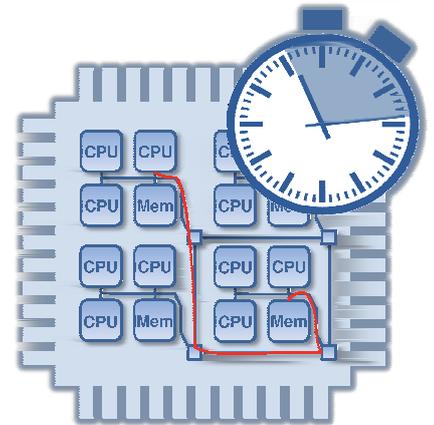
# Simulationsmodell für RTOS

## Basierend auf SystemC

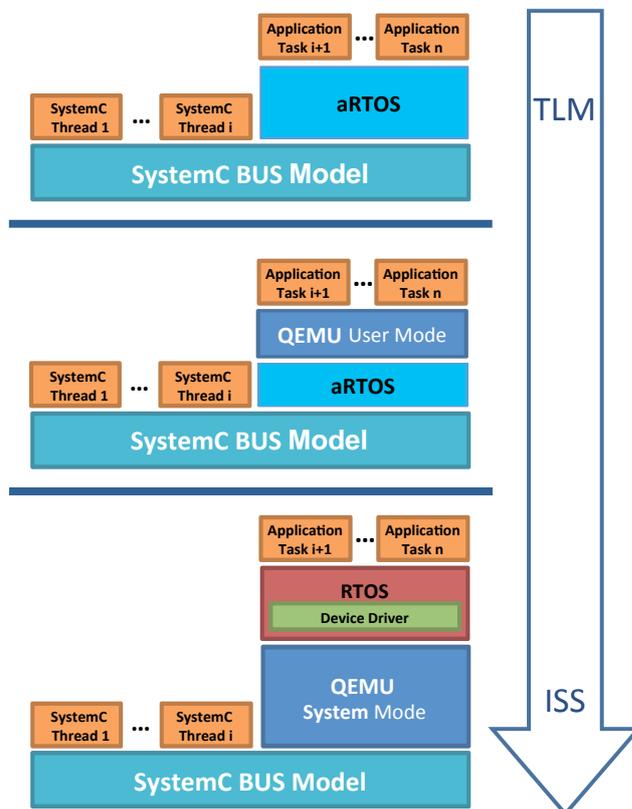
In Kooperation mit der University of California, Irvine, USA und der University of Texas, Austin, USA wurde ein kanonisches Simulationsmodell für Echtzeitbetriebssysteme auf Basis von SystemC entwickelt, welches die zeitgenaue Analyse und Verifikation eingebetteter Echtzeit-Software ermöglicht. Von besonderem Interesse bei der Ausführung nebenläufiger Prozesse ist die Validierung von Zeitschranken, die durch gegenseitige Unterbrechungen oder Ressourcenkonflikte verletzt werden können. Das Modell reduziert ein Betriebssystem auf die grundlegenden Funktionen für Kommunikation, der Bestimmung der Ablaufreihenfolge nebenläufiger Prozesse (Scheduling) und den Prozesswechsel. Zur Modellierung der CPU-spezifischen Ausführungszeiten wird die Anwendungs-Software mit vorab analysierten oder gemessenen Zeitinformationen instrumentiert und für die native Ausführung auf dem Simulations-PC übersetzt. Der daraus resultierende Simulationsaufwand ist um ein Vielfaches geringer als bei gängigen Methoden zur zeitgenauen Simulation. Die ermittelten Ausführungszeiten weisen dabei nur geringe Abweichungen gegenüber Simulationen mit detaillierteren Modellen auf.

Die entwickelten Verfahren zeichnen sich durch die Verbesserung der Speicher- und Laufzeiteffizienz und der Erhöhung der Simulationsüberdeckung aus. Die Konzepte zur automatischen Zeitanalyse und Transformation in ein zeitgenaues Simulationsmodell sind für 8-Bit-RISC-Mikrocontroller von ATMEL sowie 32-Bit-Prozessoren von ARM realisiert und in verschiedenen Fallstudien evaluiert worden. Aktuelle Arbeiten befassen sich hier u. a. mit der vollständig automatischen Instrumentierung von Anwendungs-Software.

Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit der Erweiterung effizienter Emulationstechnologien, wie Dynamic-Binary-Translation und User-Mode-Emulation, zur zeitgenauen Simulation von CPU spezifischen Binärcodes. Insbesondere werden dabei die Schnittstellen zwischen Anwendungs-Software und hardwarenaher Software sowie die Anbindung an aktuelle Modellierungstechniken für Bussysteme untersucht. Auf Basis der Arbeiten wurde in Kooperation mit der Universität Verona, Italien, eine Entwurfsmethodik auf Basis des TLM2.0-Standards für Busmodellierungen definiert, die das kanonische Simulationsmodell für Echtzeitbetriebssysteme der Universität Paderborn und den Systememulator QEMU für schnelle Simulationen auf verschiedenen Verfeinerungsebenen beinhaltet. Die Wiederverwendung von Echtzeiteigenschaften zur Verifikation der Verfeinerungsebenen wird durch Unterstützung des IEEE P1850 (PSL) Standard sichergestellt.



Kanonisches Simulationsmodell für Echtzeitbetriebssysteme auf Basis von SystemC

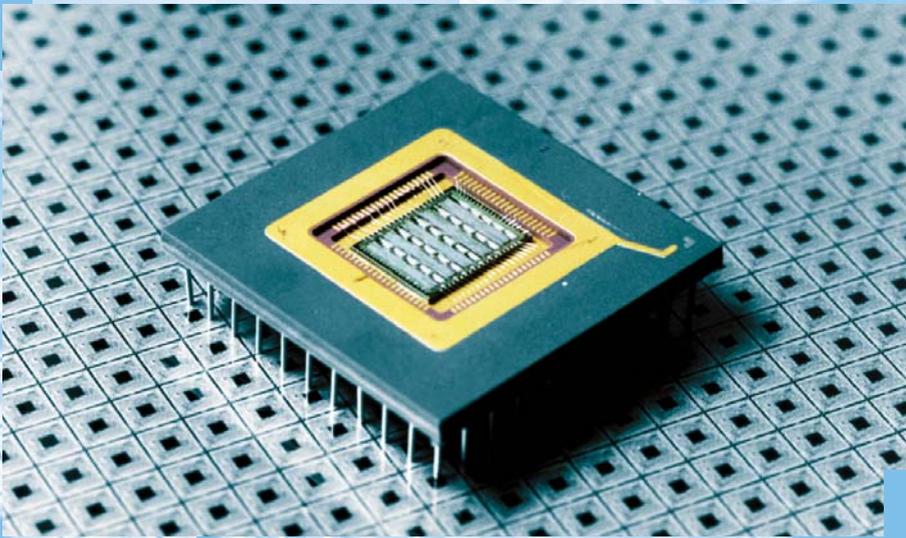


Verfeinerungsschritte der RTOS-Simulation von der Transaktions-Ebene (TLM) mit abstraktem RTOS-Modell bis zur Instruktionen-Ebene mit konkretem RTOS und Simulation der Zielprozessorinstruktionen (ISS/Instruction Set Simulation)

**Gefördert durch:**  
 EU-Projekte:  
 TIMMO, COCONUT  
 Bundesministerium für Bildung und Forschung:  
 SATURN, SANITAS, VERDE

**Kontakt:**  
 Dr. rer. nat. Wolfgang Müller  
 E-Mail: wolfgang@c-lab.de  
 Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 61 34

# Schaltungstechnik Schaltungstechnik



## Mikroelektronik als Schlüsseltechnologie und Herausforderung

Dr.-Ing. Mario Pormann

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 der Fachgruppe Schaltungstechnik.

### 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. Zentrale Herausforderungen liegen 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.

Vor diesem Hintergrund entwickelt die Fachgruppe Schaltungstechnik mikroelektronische Komponenten und Systeme in digitaler sowie analoger Schaltungstechnik. Besondere Berücksichtigung finden massiv-parallele und dynamisch rekonfigurierbare 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.

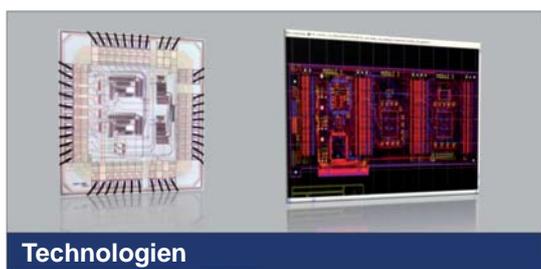
Vorbilder für kognitronische Systeme haben sich in der Natur im Verlauf der biologischen Evolution in großer Anzahl entwickelt. Es liegt daher nahe, biologische Informationsverarbeitungsprinzipien auf technische Systeme zu übertragen.

Schwerpunkt unserer Arbeiten ist die Analyse der theoretischen Leistungsfähigkeit und die integrationsgerechte Umsetzung derartiger Prinzipien.

### Mediatronik

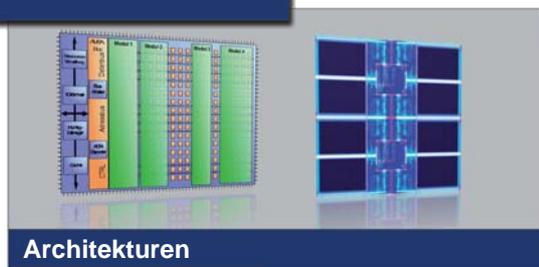
Mediatronik ist ein interdisziplinäres Forschungsfeld im Heinz Nixdorf Institut, das sich mit der situativen Integration technischer Produkte und Dienste in offene Systeme befasst. Diese Systeme zeichnen sich zukünftig in noch stärkerem Maße durch eine dezentrale Organisation von dynamisch vernetzten,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



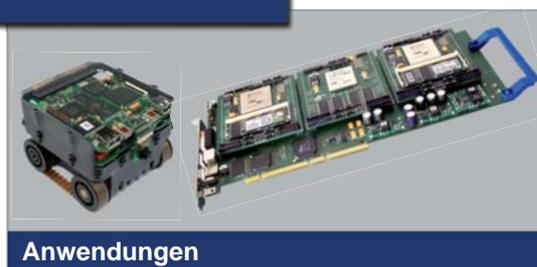
Technologien

- Analog
- Digital
- Low-Power Digital



Architekturen

- Ressourceneffiziente Prozessoren
- On-Chip-Multiprozessoren
- Fehlertolerante Architekturen
- Dynamisch rekonfigurierbare Hardware

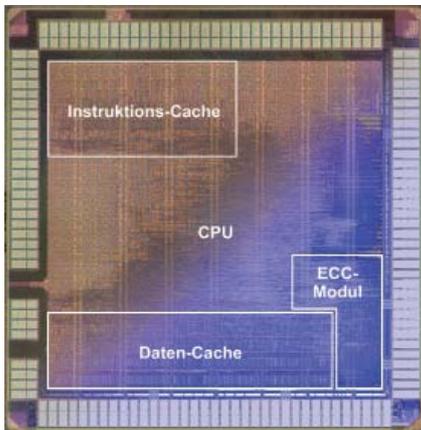


Anwendungen

- Kommunikationssysteme
- Autonome Roboter
- Rapid Prototyping

## Der CoreVA-Prozessor

Ein ressourceneffizienter VLIW-Prozessor für die drahtlose Kommunikation



Chipfoto des in der Fachgruppe Schaltungstechnik entwickelten CoreVA-Prozessors

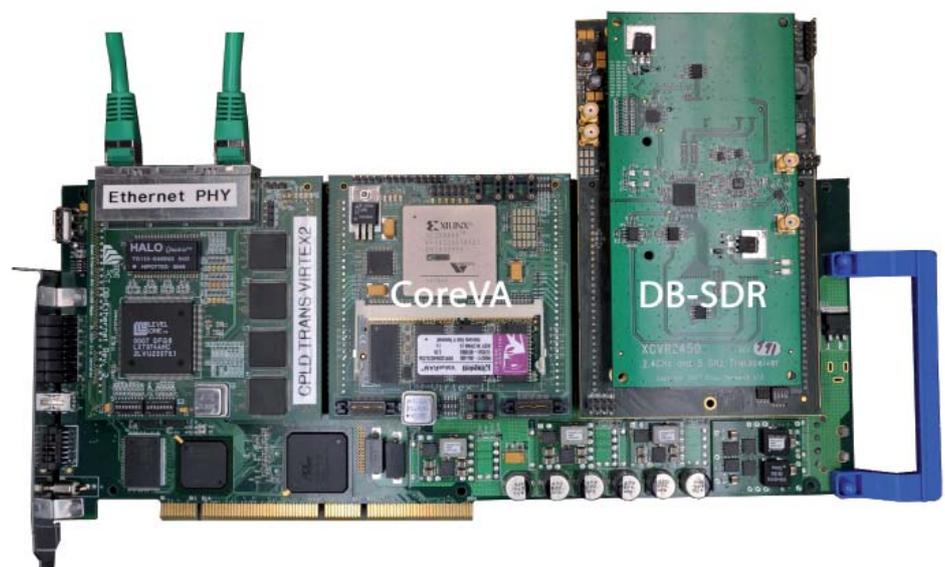
Die Fachgruppe Schaltungstechnik entwickelt stetig neue Konzepte für parallele und rekonfigurierbare Prozessorarchitekturen. Aktuelles Ergebnis der Forschung ist die erste Version des CoreVA-VLIW-Prozessors. Der Chip ist in einer modernen 65 nm Standardzellentechnologie von STMicroelectronics gefertigt. Das VLIW (Very-Long-Instruction Word)-Prinzip erlaubt feingranulare Parallelität bei vergleichsweise geringen Hardwarekosten. Im Gegensatz zu skalaren RISC Prozessoren, die Instruktionen sequentiell verarbeiten, können bei dem CoreVA-Prozessor mehrere Operationen auf parallele Ausführungseinheiten verteilt werden. Die Parallelität der Architektur ist zur Entwurfszeit frei konfigurierbar. In der gefertigten Implementierung des CoreVA-Prozessors stehen vier Verarbeitungseinheiten zur Verfügung. Durch die Parallelität bietet der Prozessor eine hohe Leistungsfähigkeit von 1,6 GOP/s (Milliarden Operationen pro Sekunde) bzw. 3,2 GOP/s in einem 16-Bit-SIMD-Modus bei einer vergleichsweise niedrigen Taktfrequenz von 400 MHz. Hierdurch beträgt die Leistungsaufnahme lediglich 100 mW. Die Chipfläche des CoreVA-Prozessors beträgt inklusive 32 kByte Cache nur 2,6 mm<sup>2</sup>. Zusätzlich stehen diverse dedizierte Hardwarebeschleuniger für Spezialanwendungen, wie z. B. Kryptographie, zur Verfügung.

### Drahtlose Kommunikation als Anwendungsszenario

Der zunehmende Funktionsumfang moderner Mobilfunkgeräte erfordert einen immer weiter steigenden Datendurchsatz bei gleichzeitig geringer Latenz. Die Komplexität von Mobilfunkstandards der nächsten Generation, wie LTE oder LTE-Advanced, erfordert dabei eine leistungsfähige und gleichzeitig energieeffiziente Architektur. Der ressourceneffiziente CoreVA-Prozessor ist eine ideale Plattform für die drahtlose Kommunikation, denn die hohe Leistungsfähigkeit der Architektur ermöglicht es sogar, die notwendigen Basisbandalgorithmen in Software auszuführen, so dass keine spezialisierten Hardwarekomponenten benötigt werden.

### Prototyping von SDR-Anwendungen

Für den Test des neuen Chips kommt zur Realisierung solcher Software-Defined-Radio-Anwendungen das Erweiterungsmodul DB-SDR für das Rapid-Prototyping-System RAPTOR zum Einsatz. Der CoreVA-Prozessor verarbeitet die Basisbandalgorithmen und sendet die diskreten Werte des Signals an das DB-SDR, das alle notwendigen Komponenten zur Funkübertragung der Daten beinhaltet. Über die Verarbeitung komplexer Mobilfunkstandards hinaus kann der CoreVA-Prozessor überall zum Einsatz kommen, wo hohe Ressourceneffizienz gefragt ist, z. B. in den im Heinz Nixdorf Institut entwickelten Minirobotern.



#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Thorsten Jungeblut  
E-Mail: Thorsten.Jungeblut@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 63 39

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

Für den Test des Prozessors kommt das in der Fachgruppe entwickelte RAPTOR-System zum Einsatz.

## Der CoreVA-Prozessor

### Ein energieoptimierter Subschwell-Prozessor

Die Energieeffizienz des in der Fachgruppe Schaltungstechnik entwickelten CoreVA-Prozessors kann durch den Einsatz von Subschwelltechnik weiter gesteigert werden, wenn für eine Anwendung zumindest zeitweise während des Betriebs nur eine geringe Rechenleistung benötigt wird. Im Gegensatz zu Low-Power-Techniken wie Clock Gating oder Power Gating können dabei die Schaltungen bei niedriger Taktfrequenz aktiv bleiben.

#### Subschwell-Technik

Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) ist die wirksamste Maßnahme zur Reduktion der Leistungsaufnahme einer integrierten Schaltung. Dabei werden gleichzeitig Versorgungsspannung und Taktfrequenz abgesenkt, um dynamische und statische Verluste zu reduzieren. Auch wenn die Versorgungsspannung unter die Schwellspannung der Transistoren abgesenkt wird, sind die Schaltungen prinzipiell noch funktionsfähig, man spricht dann von Subschwell-Betrieb. Dabei treten jedoch eine Reihe von Problemen auf, die bereits beim Entwurf einer Subschwell-Schaltung beachtet werden müssen. So können Störungen, die beim Betrieb oberhalb der Schwellspannung ignoriert werden können, im Subschwell-Bereich zu einer Fehlfunktion führen. Solche Störungen sind beispielsweise Prozessparameter-Schwankungen, Temperaturschwankungen, Rauschen bei verringerten Störabständen sowie radioaktive Strahlung. Subschwell-Schaltungen müssen daher besonders robust entworfen werden.

#### Standardzellenbibliothek

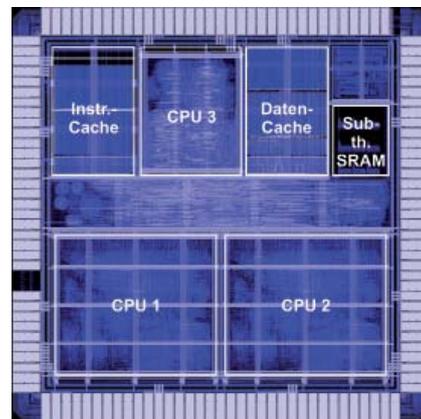
In der Fachgruppe Schaltungstechnik wurde eine Subschwell-Standardzellenbibliothek für eine 65 nm CMOS-Technologie entwickelt. Dabei wurde ein Mehrzieloptimierungsverfahren zur Dimensionierung der 57 Zellen angewendet. Die Standardzellen können je nach Leistungsanforderungen in einem weiten Spannungsbereich von unter 200 mV bis 1,2 V betrieben werden, wobei die Spannung im laufenden Betrieb änderbar ist.

#### Subschwell-Prozessor

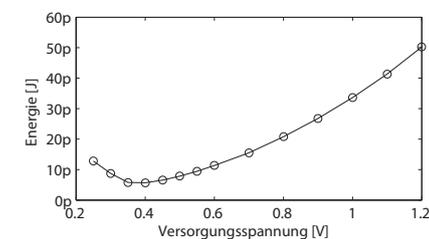
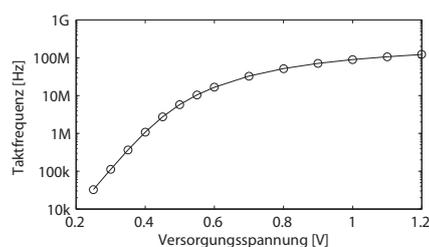
Für Anwendungen mit beschränktem Energiebudget und zeitweise moderaten Performanzanforderungen wurde der CoreVA-Prozessor weiterentwickelt und in Subschwell-Technik implementiert. Dabei kommt eine optimierte RISC-Variante der Architektur mit nur einer Ausführungseinheit zum Einsatz, da diese für die vorgesehenen Anwendungsfälle eine ausreichende Rechenleistung bietet. Der Subschwell-Prozessor kann mit Taktfrequenzen zwischen 33 kHz und 120 MHz bei Versorgungsspannungen im Bereich 0,25 V bis 1,2 V betrieben werden. In einem zur Laufzeit aktivierbaren High-Speed-Modus kann die Taktfrequenz auf 142 MHz erhöht werden. Bei normaler Versorgungsspannung von 1,2 V beträgt der Energiebedarf 50,21 pJ pro Takt. Im Subschwell-Betrieb lässt sich der Energiebedarf um etwa Faktor 10 auf 5,67 pJ pro Takt bei einer Versorgungsspannung von 0,4 V und einer Taktfrequenz von 1 MHz senken.

#### Testchip

Zur Verifikation der durch Simulationen vorausgesagten Eigenschaften des Subschwell-Prozessors wird aktuell ein Testchip gefertigt, der zwei identische Kopien dieses Prozessors enthält. Durch die auf diese Weise erhöhte Anzahl testbarer Exemplare lässt sich der Einfluss von Prozessparameter-Schwankungen genauer erfassen. Zu Vergleichszwecken ist außerdem eine weitere Prozessorinstanz in konventioneller Standardzellentechnologie enthalten, die eine Taktfrequenz von 250 MHz erreicht. Dieser Prozessor kann jedoch nicht im energieeffizienten Subschwell-Bereich betrieben werden. Der Testchip enthält zusätzlich mehrere für den Subschwell-Betrieb ausgelegte SRAM-Blöcke, die in Zusammenarbeit mit der Universität Oslo entwickelt wurden. Mit diesem Chip steht ein vollständiges Ultra-Low-Power-Soc (System on Chip) für Anwendungen mit begrenztem Energiebudget, wie drahtlose Sensorknoten oder biomedizinische Implantate, zur Verfügung.



Layout des Testchips mit drei Prozessoren



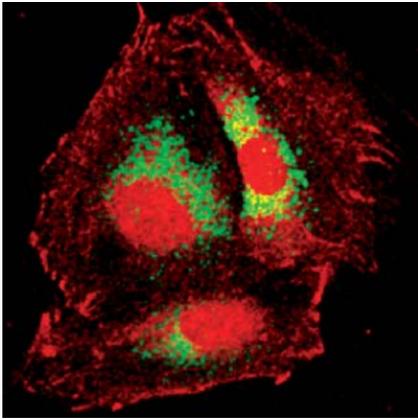
Taktfrequenz und Energieaufnahme des Prozessors in Abhängigkeit von der angelegten Versorgungsspannung [V]

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Sven Lütke-meier  
E-Mail: [Sven.Luetkemeier@hni.upb.de](mailto:Sven.Luetkemeier@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 63 96

# Optische Analyse lebender Zellen

## Photonenzählender Hochgeschwindigkeitsdetektor



Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von Krebszellen (Quelle: LaVision BioTec GmbH)

Mit dem Einsatz von Lasern in der Lichtmikroskopie gelang ein Quantensprung, der für eine enorme Steigerung des Auflösungsvermögens und der Leistungsfähigkeit dieser optischen Instrumente sorgte. Die bis dahin unerreichte Darstellungsqualität trägt heute entscheidend dazu bei, fundamentale Prozesse der Biologie und der molekularen Genetik besser zu verstehen. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern LaVision BioTec und Surface Concept arbeitet die Fachgruppe Schaltungstechnik an Lösungen, die die Qualität dieser Geräte weiter optimieren.

### Fluoreszenzmikroskopie

Neue Mikroskope und Bildgebungsverfahren nutzen zur Informationsgewinnung überwiegend den Effekt der Laserfluoreszenzanregung. Ziel des Projektes ist die Erarbeitung einer neuartigen Detektionstechnik zur Erforschung von lebenden Zellverbänden und Gewebe mit höchster, dreidimensionaler Ortsauflösung sowie die Darstellung dieser Ergebnisse in Echtzeit.

Die Stimulation biologischer Substanzen mit einem Laser erzeugt eine in genau definierten Zeiträumen abklingende Fluoreszenz. Sowohl das Spektrum als auch die Zeitkonstante dieser Fluoreszenz sind molekulspezifisch. Mit speziellen Detektions- und Auswertungsmethoden lässt sich daraus eine Vielzahl von Informationen gewinnen, die letztlich eine detaillierte Charakterisierung der untersuchten biologischen Systeme ermöglichen. Wesentliche Schwachpunkte heutiger Laser-Mikroskope liegen vor allem in der begrenzten Zeitauflösung der verwendeten Detektionssysteme sowie in der aus der großen Menge von Messdaten resultierenden hohen Verarbeitungszeit.

### Effizienzsteigerung durch anwendungsspezifische Hardware

In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekt wird ein Messsystem entwickelt, das im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik etwa hundertfach höhere Bildraten bietet. Die Fluoreszenzlebensdauer kann damit erstmalig als Kontrastparameter zur Untersuchung des Verhaltens und der Funktion einzelner Zellen in deren natürlicher Umgebung eingesetzt werden. Mögliche Einsatzgebiete sind unter anderem die dynamische Bildgebung der Migration von Krebszellen und der Interaktion von Zellverbänden.

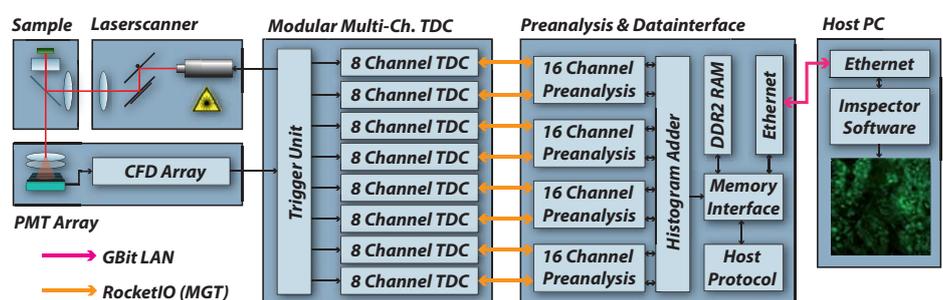
Die von einem Probenpunkt emittierten Photonen werden mittels einer speziellen Optik homogen auf einen Multi-Kanal Photomultiplier-(PMT)-Detektor verteilt, der das Auftreten einzelner Photonen detektiert. Die anschließende Zeitmesswandlung erfolgt mit speziellen Hardware-Komponenten, während die darauf folgende Auswertung in Software erfolgt.

In der Fachgruppe Schaltungstechnik werden die Algorithmen, die bisher in Software implementiert sind, auf rekonfigurierbare Hardware (FPGAs) abgebildet. Diese mikroelektronischen Bausteine ermöglichen durch eine effiziente Parallelisierung der Auswertung des Fluoreszenzsignals eine deutlich höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit. Für die prototypische Realisierung des Messsystems wird das in der Fachgruppe Schaltungstechnik entwickelte Rapid Prototyping System RAPTOR in Kombination mit speziellen Erweiterungsmodulen eingesetzt.

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

**Projektpartner:**  
LaVision BioTec GmbH  
Surface Concept GmbH

**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. Christian Hilker  
E-Mail: Christian.Hilker@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 63 40



Systemübersicht der entwickelten Messdatenverarbeitung für zukünftige Laser-Raster Mikroskope

## RECS – Supercomputer für den Mittelstand

### Das Rechenzentrum in einem Schrank

Im ingenieurtechnischen und wissenschaftlichen Bereich steigt der Bedarf an Rechenleistung seit Jahren nicht nur in der Summe, sondern auch für Einzelaufgaben exponentiell an und kann heute nur von Supercomputern in Form sogenannter Rechen-Cluster bereitgestellt werden. Am Markt vorhandene Cluster-Lösungen werden meist sehr aufwändig nach konkreten Kundenanforderungen realisiert. Die dadurch entstehenden Investitionskosten sind für Mittelständler nicht aufzubringen. Preiswerte, wartbare und energieeffiziente Systeme in kleiner Baugröße sind in dieser Leistungsklasse derzeit nicht verfügbar.

#### RECS Cluster-Server

RECS, ein ressourceneffizienter Cluster Server, wurde von der Fachgruppe Schaltungstechnik in Zusammenarbeit mit der Christmann Informationstechnik + Medien GmbH & Co. KG und dem Paderborn Center for Parallel Computing 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.

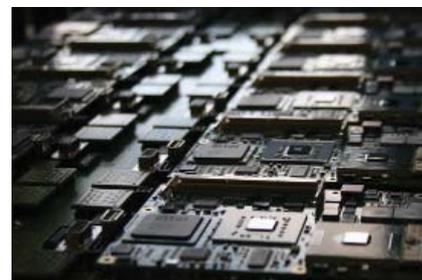
Im RECS hat der einzelne Server kein separates Gehäuse und keine eigene Stromversorgung mehr. Die geforderte Packungsdichte haben wir durch eine konsequente Umsetzung der erarbeiteten Konzepte in neue Hardware erreicht. Entstanden ist auf diese Weise ein modulares Rechnersystem, das bis zu 18 Prozessormodule in einem 19-Zoll-Gehäuse mit nur einer Höheneinheit kapselt und damit deutlich kompakter ist als vergleichbare Systeme. RECS braucht auch keine Kabel. Die Prozessormodule werden über eigens entwickelte Leiterplatten an eine zentrale Signalleiterplatte (Backplane) angebunden. Alle notwendigen Schnittstellen sind auf diese Backplane geführt, die eine effiziente und leistungsfähige Vernetzung aller Komponenten innerhalb

des Systems ermöglicht. Ein einziger 19-Zoll-RECS-Einschub kann bis zu 390 Milliarden Fließkomma-Operationen pro Sekunde (Gigaflop/s) ausführen. In nur einem handelsüblichen 19-Zoll-Schrank erreicht RECS bei Verwendung leistungsfähiger Prozessoren die Performance, um in die Liste der TOP-500 Supercomputer zu kommen.

#### RECS Systemmonitor

Die RECS-Architektur ermöglicht mit ihrer integrierten Monitoring-Funktionalität ein dezentrales Erfassen aller wichtigen Kenngrößen der Recheneinheiten. Das Monitoring wurde durch eine speziell auf den Basisplatten integrierte Hardware so weit optimiert, dass es „minimal-invasive“ Messungen im laufenden System erlaubt. Diese Messungen belasten weder die Rechenleistung des Systems noch reduzieren sie die für den Anwender zur Verfügung stehende Kommunikationsbandbreite. Realisiert wird die neuartige Architektur über einen dedizierten Monitoring-Bus mit minimaler Verlustleistung, der über die zentrale Backplane in die Gesamtarchitektur eingebettet ist. Ein Patent für dieses Verfahren wurde im Sommer eingereicht.

Das Monitoring-System besteht aus einer Vielzahl von verteilt arbeitenden Mikrocontrollern. Diese überwachen unabhängig von der eingesetzten Hardware und Software alle wichtigen Parameter und Größen des Gesamtsystems und stellen sie über eine gemeinsame dedizierte Schnittstelle zur Verfügung. Die innovative Monitoring-Lösung überwacht das System nicht nur, sie kann auch aktiv in die Systemkonfiguration eingreifen. Stuft der lokale Controller etwa Module als fehlerhaft ein, so geht eine Meldung an das Managementsystem, das weitere Tests durchführen kann, um das Modul gegebenenfalls abzuschalten. Erste Prototypen von RECS wurden auf der CeBIT 2010 in Hannover und der International Supercomputing Conference ISC in Hamburg vorgestellt und erzeugten reges Interesse. Ein erstes RECS-System ist mittlerweile im Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart im Einsatz.



Das Innenleben des RECS Clusters mit mehreren Prozessorknoten und zentraler Backplane



Ein Blick auf die Hardwareinfrastruktur des RECS Prototypen, der auf der CeBIT 2010 präsentiert wurde.

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

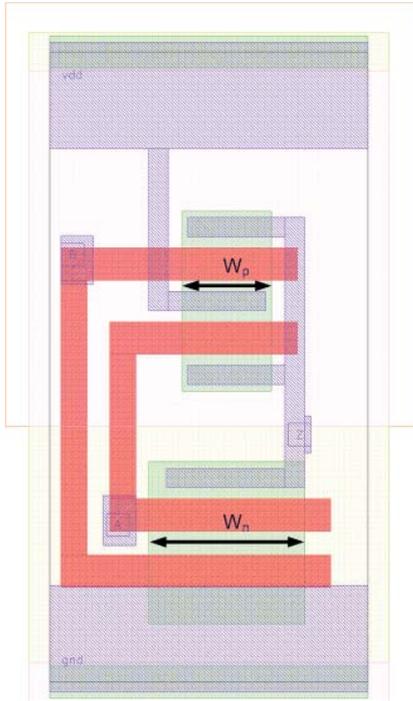
**Projektpartner:**  
Christmann Informationstechnik  
und Medien GmbH & Co. KG  
Paderborn Center for Parallel Computing – PC<sup>2</sup>

**Kontakt:**  
Dipl.-Ing. Manuel Strugholtz  
E-Mail: Manuel.Strugholtz@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 63 53

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

# Optimierung integrierter Schaltungen

## Mehrzieloptimierung zum Entwurf ressourceneffizienter Standardzellen



Layout eines CMOS NAND-Gatters mit eingezeichneten Weiten der PMOS- und NMOS-Transistoren  $W_p$  und  $W_n$ .

Eine zentrale Herausforderung in der Entwicklung integrierter Schaltungen besteht darin, den Einsatz mehrerer konkurrierender Ressourcen optimal gegeneinander abzuwägen. Digitale Schaltungen sind heute in der Regel aus vielen einzelnen Bibliothekselementen, den Standardzellen, aufgebaut. Ein ressourceneffizienter Entwurf muss daher schon auf dieser Ebene ansetzen. Ziel dieses Projekts ist die Optimierung von Standardzellen und der Entwurf von Algorithmen, die die Suche nach optimalen Kompromissen unterstützen.

### Mehrzieloptimierungsansatz

Durch die Wahl der freien Entwurfsparameter einer Schaltung sollen mehrere konkurrierende Ressourcen gleichzeitig minimiert werden. Dieses Problem wird mathematisch als Mehrzieloptimierungsproblem formuliert. Dessen Lösung, die Menge aller optimalen Kompromisse, bei denen eine Größe nicht verbessert werden kann ohne andere zu verschlechtern, heißt Pareto Menge. Diese kann durch Mehrzieloptimierungsalgorithmen approximiert werden. Die Schaltungsoptimierung stellt besondere Anforderungen an diese Algorithmen, da Funktionswertberechnungen hier sehr zeitintensiv sind. Im Rahmen dieses Projekts werden sowohl mengenorientierte als auch evolutionäre Algorithmen zur Suchraumexploration integrierter Schaltungen angepasst und erweitert.

### Ergebnisse der algorithmischen Suchraumexploration

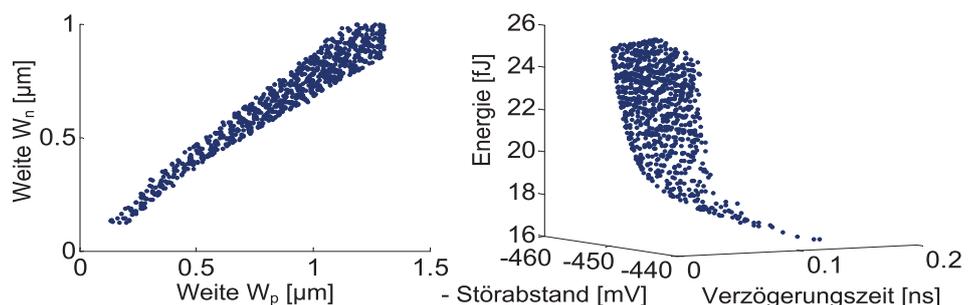
Die Mehrzieloptimierungsalgorithmen durchsuchen den gesamten Suchraum

möglicher Schaltungsentwürfe nach optimalen Kompromissen verschiedener Schalteigenschaften und liefern dem Entwickler mit der approximierten Pareto Menge alle ressourceneffizienten Entwurfspunkte einer Schaltung. Anders als bei einem klassischen Ansatz, bei dem die Anzahl der freien Parameter durch Erfahrungswerte reduziert werden muss, nutzt die algorithmische Suchraumexploration viele zusätzliche Freiheitsgrade. Vergleiche der auf diese Weise optimierten Entwürfe mit kommerziellen Schaltungen zeigen Energieeinsparungen von bis zu 14%.

### Entwurf einer Standardzellenbibliothek für den Subschwelbetrieb

Die Algorithmen lassen sich zum Entwurf neuer Standardzellenbibliotheken nutzen, die beispielweise bei besonders niedrigen Versorgungsspannungen betrieben werden sollen. Durch Reduktion der Versorgungsspannung kann die Laufzeit mobiler batteriebetriebener elektronischer Geräte am effektivsten verlängert werden, ohne sie teilweise abschalten zu müssen. Allerdings sind kommerzielle Standardzellen bei Versorgungsspannungen unterhalb der Transistoren-Schwelspannung (Subschwelbereich) nicht ressourceneffizient und sogar größtenteils nicht funktionsfähig.

Beim Entwurf einer eigenen Standardzellenbibliothek für den im vorangegangenen Beitrag beschriebenen CoreVA-Prozessor (ein energieoptimierter Subschwel-Prozessor) konnten spezielle Effekte, die nur in diesem Betriebsbereich auftreten, genutzt werden, um besonders gute Schalteigenschaften zu erzielen.



Pareto Menge (links) und Pareto Front (rechts) eines CMOS NAND-Gatters, approximiert durch evolutionären Algorithmen.

#### Kontakt:

Dipl.-Math. Matthias Blesken  
E-Mail: [Matthias.Blesken@hni.upb.de](mailto:Matthias.Blesken@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 63 92

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

## Multi-Roboter-Systeme

Roboter aus dem Heinz Nixdorf Institut unterstützen  
Rettungskräfte im Einsatz

Im Rahmen des EU-Projektes GUARDIANS wurde unter Beteiligung der Fachgruppe Schaltungstechnik ein Multi-Roboter-System entwickelt, um Feuerwehkräften in gefährlichen Einsatzsituationen zu unterstützen. Der Einsatz von Feuerwehkräften insbesondere bei Bränden in großen Gebäuden ist sehr riskant. Ein wesentliches Risiko stellt die intensive Rauchentwicklung im Gebäude dar, die sowohl die Suche nach Opfern als auch die Orientierung der Feuerwehrleute selbst erschwert. Eine weitere Gefahrenquelle ist die oft unbekannte, potentiell explosive Gaszusammensetzung im Gebäude.

### Das EU-Projekt GUARDIANS

Das Projekt GUARDIANS (Group of Unmanned Assistant Robots Deployed In Aggregative Navigation supported by Scent detection) hatte zum Ziel, ein eigenständig handelndes Team von Robotern zu entwickeln, das große industrielle Warenhäuser durchsuchen und Feuerwehrteams unterstützen kann. Das Projektkonsortium bestand aus neun europäischen Partnern, die aus Belgien, Deutschland, Großbritannien, Portugal, Spanien, der Schweiz sowie der Türkei stammen.

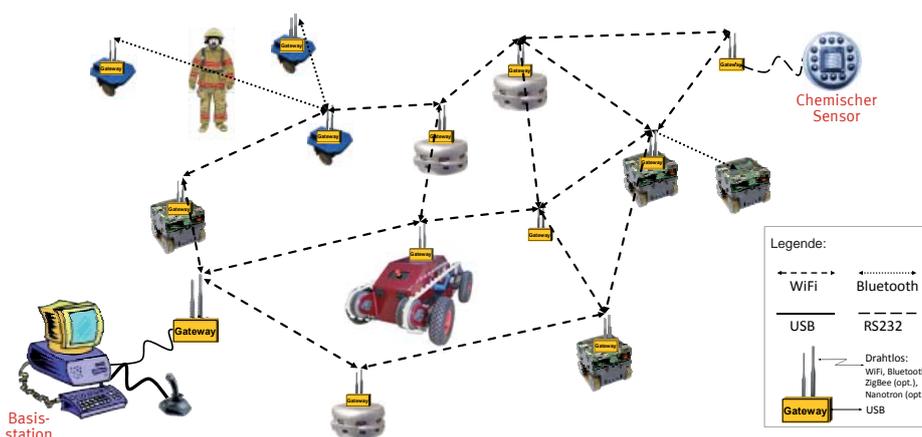
Die Fachgruppe Schaltungstechnik war für die Entwicklung einer robusten, drahtlosen Kommunikationsinfrastruktur zuständig, mittels der sowohl die Roboter untereinander als auch die Feuerwehkräften im Gebäude und die Einsatzleitung kommunizieren können. Das Netzwerk koordiniert sich selbständig und kommt

ohne vorinstallierte Infrastruktur aus. Zudem ist es in der Lage, verschiedenste Teilnehmer wie Computer, Roboter und Sensoren ins Netzwerk zu integrieren. Um diese Funktionalität zu realisieren, wurde eine leistungsfähige und gleichzeitig ressourceneffiziente Kommunikationshardware entwickelt. Im Vordergrund stand die Optimierung für den mobilen Einsatz mit Unterstützung der drahtlosen Kommunikationsstandards WLAN und Bluetooth. Die Netzwerkintegration der Teilnehmer erfolgt über eine USB-Schnittstelle. Zusätzliche serielle Schnittstellen ermöglichen eine einfache Integration verschiedenster Sensoren. Die Datenübertragung basiert auf dem TCP/IP Protokoll und ermöglicht eine transparente Kommunikation zwischen verschiedenen Netzwerkteilnehmern unabhängig von dem genutzten Kommunikationsstandard.

Weiterhin wurden Strategien zur Verteilung und Positionierung von Kommunikationsknoten entwickelt. Diese basieren auf einer dynamischen Positionierung von Infrastrukturknoten in dreiecksförmiger Anordnung. Roboter können dabei autonom ihre Rolle wechseln und Schwarmverhalten zeigen bzw. als statische Infrastrukturknoten dienen. Die Kombination von funkbasierten Entfernungsmessungen auf Basis von Signalqualität und Signallaufzeit zusammen mit einem speziellen Schwarmverhalten gewährleistet eine optimale Verteilung der Roboter auch für den Fall, dass Objekte oder Wände die Ausbreitung der Funksignale stören.



GUARDIANS-Projektpartner bei einem Training der South Yorkshire Fire & Rescue Brigade



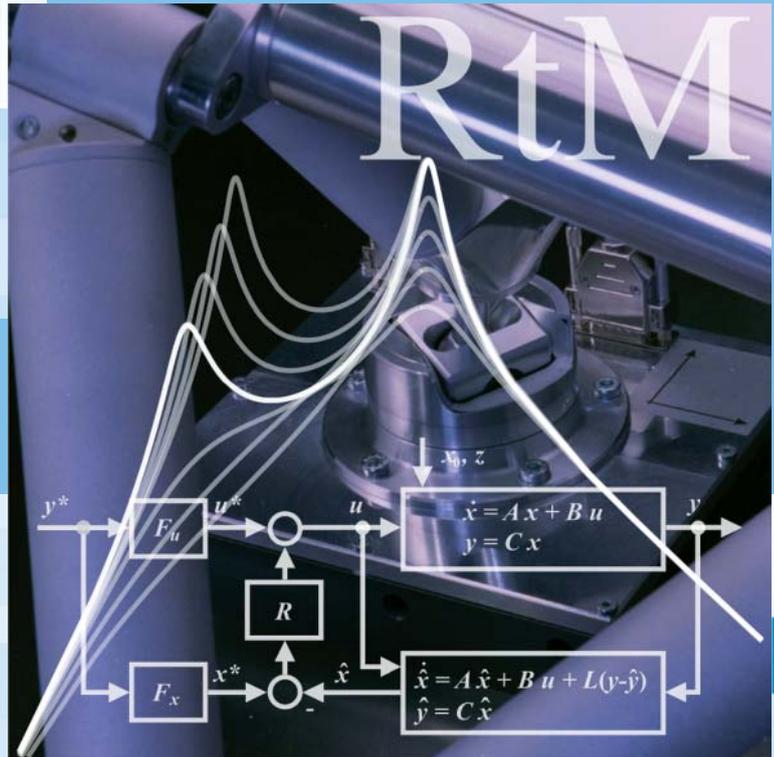
Verschiedene Roboter bilden ein drahtloses Ad-hoc-Kommunikationsnetzwerk unter Nutzung der im Heinz Nixdorf Institut entwickelten Kommunikationshardware.

**Gefördert durch:**  
Das Projekt GUARDIANS wurde von der EU im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms gefördert. Projektnummer: 045269

**Kontakt:**  
Dr.-Ing. Mario Pormann  
E-Mail: [Mario.Pormann@hni.upb.de](mailto:Mario.Pormann@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 63 52

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

# Regelungstechnik und Regelungstechnik und Mechatronik



## Modellbasierter Entwurf, Regelung 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.

E-Mail: [Ansgar.Traechtler@rtm.upb.de](mailto:Ansgar.Traechtler@rtm.upb.de)

Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 55 80

Telefax: +49 (0) 52 51 | 50 55 79

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

### 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 unverzichtbarer 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, welche 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 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 sukzessiv „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 „Selbstoptimierende System des Maschinenbaus“ 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.



Virtuelles Modell eines Waschautomaten



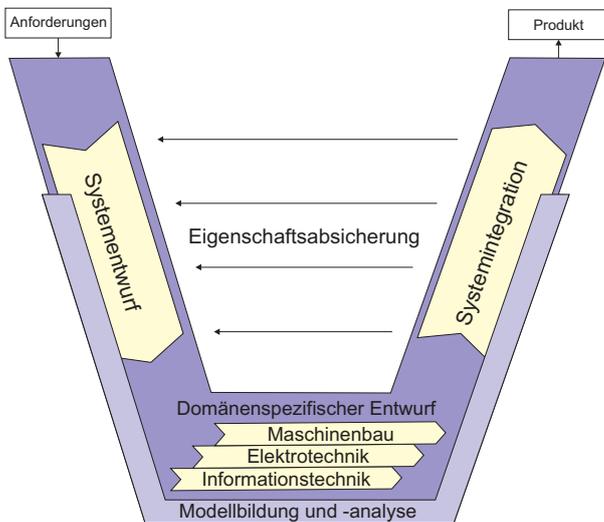
Prüfstand zur Vermessung von Komponenten eines Geldautomaten



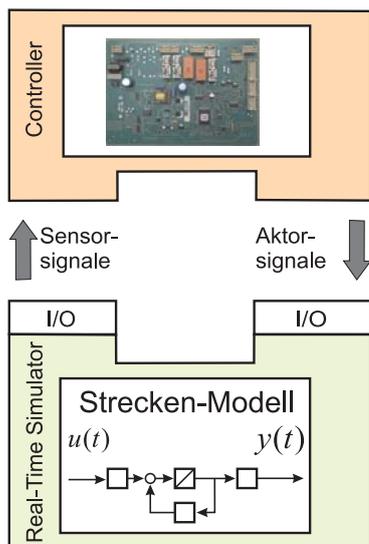
Mechatronisches X-by-Wire Fahrzeug

# Modellbasierte Entwicklung in der Hausgeräteindustrie

## Entwicklung von HiL-Prüfständen für modellbasierte Testautomatisierung



V-Modell VDI-Richtlinien (VDI 2206)



Prinzipiskizze eines HiL-Prüfstandes

Der modellbasierte Entwicklungsansatz hat sich seit seiner Einführung immer stärker in der Industrie etabliert. Schon aufgrund der wachsenden Komplexität der Produkte und der schnelleren Entwicklungszyklen bietet die durchgängige modellbasierte Entwicklung auch für die Hausgeräteindustrie viele Vorteile. Das V-Modell beschreibt den Prozess der modellbasierten Entwicklung, das unter anderem domänenübergreifende, automatisierte Entwurfs- und Testverfahren zur effizienten Entwicklung und Optimierung ermöglicht. Dies gilt sowohl für die einzelnen Komponenten als auch für das Gesamtsystem. Des Weiteren findet eine Parallelisierung der Soft- und Hardwareentwicklung, statt die eine Früherkennung von Fehlentwicklungen ermöglicht. Grundlage der Methodik ist das physikalische Modell des Gesamtsystems, das als Basis für die „in-the-Loop“-Techniken Model-in-the-Loop (MiL), Software-in-the-Loop (SiL) und Hardware-in-the-Loop (HiL) dient.

Das V-Modell beschreibt den Prozess der modellbasierten Entwicklung, das unter anderem domänenübergreifende, automatisierte Entwurfs- und Testverfahren zur effizienten Entwicklung und Optimierung ermöglicht. Dies gilt sowohl für die einzelnen Komponenten als auch für das Gesamtsystem. Des Weiteren findet eine Parallelisierung der Soft- und Hardwareentwicklung, statt die eine Früherkennung von Fehlentwicklungen ermöglicht. Grundlage der Methodik ist das physikalische Modell des Gesamtsystems, das als Basis für die „in-the-Loop“-Techniken Model-in-the-Loop (MiL), Software-in-the-Loop (SiL) und Hardware-in-the-Loop (HiL) dient.

### Funktionsweise eines HiL-Prüfstandes

Auf einer Echtzeithardware wird das zu steuernde System (Waschvollautomat, Wäschetrockner usw.) simuliert und über die Sensor- und Aktorsignale mit einem Steuergerät gekoppelt, d. h. die Gleichungen des abgebildeten Systems müssen in Echtzeit gelöst werden. Die erzeugte Echtzeitschleife versetzt das Steuergerät in eine virtuelle Testumgebung, in der es unter reproduzierbaren Bedingungen getestet werden kann.

### Modellbildung des Waschvollautomaten

Ein moderner Waschvollautomat besteht aus einer Vielzahl von Sensoren, Aktoren und einer Informationsverarbeitung (Steuergerät). Um den Waschprozess in einem Gesamtmodell abbilden zu können, identifiziert man zunächst die

Schnittstellen zwischen den domänenspezifischen Komponenten und dem Steuergerät. Im nächsten Schritt werden die jeweiligen Teilmodelle erstellt, z. B. Mechanik, Thermodynamik, Fluidmechanik und Elektrotechnik. Anschließend werden die Teilmodelle zu einem echtzeitfähigen Gesamtmodell zusammengeführt und daraus ein echtzeitfähiger Code für die Echtzeithardware generiert.

### Modellbildung des Wärmepumpen-Wäschetrockners

Nach der erfolgreichen Entwicklung eines HiL-Prüfstandes für Kondensrockner wird nun in analoger Herangehensweise der Prüfstand um den Wärmepumpen-Wäschetrockner erweitert. Merkmal dieser Trocknervariante ist die Verwendung eines Kältemittels zur Prozessluftkühlung und Erwärmung. Bei der Modellbildung werden die beiden Kreisprozesse der Prozessluft und des Kältemittels separat voneinander abgebildet. Auf Basis physikalischer Gleichungen wird die Kinetik der thermodynamischen und verfahrenstechnischen Prozesse modelliert. Anschließend werden beide Kreisläufe über die Wärmeübertragung miteinander verknüpft.

### 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 der 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.-Ing. Viktor Fast  
E-Mail: Viktor.Fast@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 54 83

Dipl.-Ing. Semir Osmic  
E-Mail: Semir.Osmic@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 54 83

Dipl.-Ing. Alexander Löffler  
E-Mail: Alexander.Loeffler@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 55 70

# Identifikation physikalischer Modelle

## Softwareunterstützte Entwicklung eines Verbrennungsmotor-Modells

Die Entwicklung der Steuergeräte moderner Verbrennungsmotoren erfordert zunehmend komplexere Motormodelle. Im Rahmen der Modellierung ist die Identifikation der Modellparameter ein notwendiger Schritt. Dabei wird das Modellverhalten mit dem des realen Systems abgeglichen, was in Form eines Optimierungsprozesses geschieht. Im Allgemeinen steigen dabei Aufwand und Komplexität mit der Anzahl zu identifizierender Parameter stark an. Der Versuch, sie gleichzeitig zu identifizieren, resultiert dann in einer rechenintensiven Suche in einem großen Lösungsraum, die meist nicht praktikabel ist. Zur Vereinfachung der Aufgabe werden im Rahmen des Transferprojektes T3 des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende System des Maschinenbaus“ zwei aufeinander aufbauende Ansätze verfolgt. Beide basieren prinzipiell auf einer Zerlegung der gestellten Aufgabe.

### Dekomposition des Modells

Mittels einer geeigneten Dekomposition wird das Modell zunächst in mehrere weniger komplexe und dadurch leichter zu identifizierende Teilmodelle zerlegt. Dies ist selten trivial, da die einzelnen Modellkomponenten zumeist miteinander verknüpft sind. Bei der manuellen Dekomposition muss der Entwickler diese Zusammenhänge verstehen und überblicken, was aufwändig und fehleranfällig ist. Wir entwickeln daher eine Methode, bei der die Dekomposition systematisch und teilautomatisch erfolgt. Dazu ist initial eine Erweiterung des Modells um spezielle Schnittblöcke erforderlich, die eine Einspeisung künstlicher Stimuli ermöglichen. Diese erlauben ein numerisches mehrstufiges Screening des Modells sowie dessen Zerlegung. Beim Screening wird das Modell simuliert, wobei Signale und Parameter gezielt variiert werden. Gleichzeitig werden die Auswirkungen auf das Modell beobachtet, was die Basis für mengenorientierte Betrachtungen liefert. Aus diesen resultieren dann mögliche Zerlegungen in Teil-

modelle sowie Reihenfolgen, nach denen diese zu identifizieren sind.

### Identifikation der Modellparameter

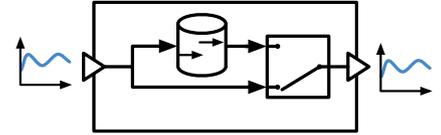
Nach der Dekomposition werden die Teilmodelle separat identifiziert. Auch innerhalb eines solchen Teilmodells kann die Anzahl der Parameter groß und ihre Identifikation schwierig sein. Für physikalische Modelle kann jedoch angenommen werden, dass ihre einzelnen Parameter das Modellverhalten unterschiedlich stark prägen.

Daher bleibt die Identifikation zunächst auf die dominierenden Parameter beschränkt, um die Rechenkosten mit möglichst großem Nutzen einzusetzen. Der Nutzen besteht dabei in einer verbesserten Abbildungsgüte. Mit Hilfe einer Varianzanalyse wird die Sensitivität des Modellverhaltens bezüglich der Variation der Parameterwerte berechnet. Anhand dieser Ergebnisse werden die dominanten Parameter ermittelt. Zunächst werden nur diese identifiziert, wodurch sich die Dimension des Lösungsraums stark reduziert. Erst nach diesem groben „Tuning“ des Modells werden die übrigen Parameter identifiziert. Auf diese iterative Weise werden der Suchraum sukzessive verkleinert und geeignete Parameterwerte ermittelt. Dieses mengenorientierte, ableitungsfreie arbeitende Verfahren erlaubt die Behandlung von unstetigen, nichtlinearen und diskreten Modellen, etwa solchen, die Totzeiten und Lose enthalten.

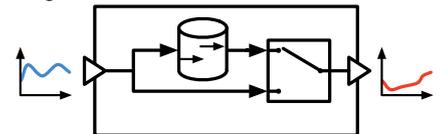
### Ergebnisse

Die beschriebene Identifikationsmethode wurde in Software implementiert und unterstützt den Entwickler in seiner Arbeit indem sie ihn von einigen automatisierbaren Aufgaben befreit und den Identifikationsprozess systematisiert. So kann er seine Tätigkeit stärker auf die anspruchsvolleren Aspekte der Entwicklung fokussieren, nämlich Aufgaben, die Expertenwissen, Intuition und Kreativität erfordern und somit nicht von einem Programm gelöst werden können.

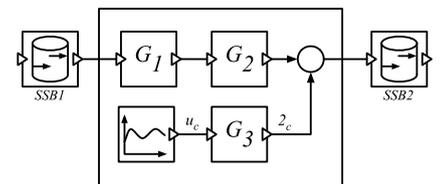
### Signalfluss aufzeichnen



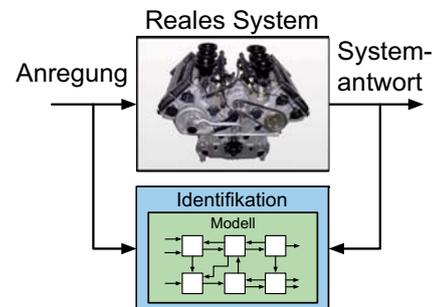
### Signalfluss auftrennen



Arbeitsweise des Schnittblocks



Teilmodell mit unbekanntem Störeinfluss



Modellidentifikation durch Abgleich mit dem realen System

### Kontakt:

Dipl.-Ing. René Nölle  
E-Mail: Noelle@rtm.upb.de  
Telefon: + 49 (0) 52 51 / 60 55 79

## Integrierte Fahrdynamikregelung

Fahrdynamikregelung für ein Elektrofahrzeug mit Einzelradaktorik



Versuchsfahrzeug „Chamäleon“



Radmodul mit drei Elektromotoren



Joystick als Bedienelement für den Fahrer

Aufgrund seiner wirtschaftlichen, aber auch emotional-ideellen Bedeutung gehört das Auto zu den am Besten analysierten technischen Systemen. Vielfältige technische Entwicklungen haben dazu geführt, dass Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Komfort kontinuierlich gesteigert werden konnten und können. Eine wesentliche Rolle spielen hierbei der Einsatz mechatronischer Komponenten im Fahrwerk und die Fahrdynamikregelung.

Bereits durch den Einsatz von Regelungssystemen für spezifische Aufgaben können deutliche Verbesserungen des Fahrverhaltens erzielt werden. Um jedoch negative Wechselwirkungen auszuschließen und das optimale Verhalten des Fahrzeugs sicherzustellen, ist eine ganzheitliche aufeinander abgestimmte Regelung von Längs-, Quer- und Vertikaldynamik erforderlich. Aus diesem Grund werden vorhandene Systeme zunehmend vernetzt und ihre Regeleinriffe koordiniert. Noch größere Potentiale zeigen Ansätze, die losgelöst vom konventionellen Fahrzeugkonzept sind. Gerade durch den gegenwärtigen Trend zur Elektromobilität erhalten Ansätze auf Basis von Einzelradaktorik zunehmende Relevanz: Elektrofahrzeuge erlauben die Aufteilung des Antriebsstrangs in mehrere lokale Aktoren (Radnabenantrieb).

In der Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik wird ein solcher Ansatz entwickelt: Durch den Fahrer wird eine Sollbewegung vorgegeben, die durch die Geschwindigkeit, den Schwimmwinkel und die Gierrate eindeutig beschrieben ist. Hinsichtlich der Verteilung der zur Realisierung dieser Bewegung erforderlichen Kräfte auf die einzelnen Räder entstehen Freiheitsgrade, die für eine Optimierung genutzt werden. Optimierungsziele sind dabei der maximale Abstand der einzelnen Räder zur Kraftschlussgrenze sowie ein energie- und verschleißoptimaler Bremsvorgang. Dabei müssen die Realisierung der Sollbewegung sichergestellt sein, sowie die physikalischen und die technischen Grenzen der einzelnen Reifenkräfte berücksichtigt werden. Im Sinne der Selbstoptimierung

werden die relevanten Ziele anhand einer Analyse der Ist-Situation ermittelt. In Abhängigkeit des entstehenden Zielsystems wird das Systemverhalten angepasst – durch eine situationsangepasste Kraftverteilung.

Durch den intelligenten Ansatz setzt das Fahrzeug den Fahrerwunsch situationsoptimal um und entlastet den Fahrer so von seiner Stabilisierungsaufgabe. Aufgaben heute etablierter Fahrdynamikregelsysteme, wie ESP, werden durch den Ansatz miterfüllt.

### Versuchsfahrzeug „Chamäleon“

Zur Erprobung derartiger Ansätze wurde in der Fachgruppe das X-by-Wire-Versuchsfahrzeug „Chamäleon“ entwickelt und aufgebaut. Es ist modular aufgebaut und besitzt vier baugleiche Radmodule. Durch drei Elektromotoren in jedem Radmodul lassen sich fast alle relevanten Freiheitsgrade des Rades gezielt beeinflussen: Alle Räder können unabhängig voneinander angetrieben, abgebremst, gelenkt und vertikal verstellt werden. Dies ermöglicht:

- eine Allradlenkung
- einen Einzelradantrieb
- eine aktive Federung

Das Fahrzeug hat ein Leergewicht von ca. 280 kg und wird vom Fahrer mittels eines Joysticks gesteuert. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt etwa 50 km/h. Es ist vollständig elektrisch angetrieben. Die benötigte Energie wird durch einen Lithium-Ionen-Akku zur Verfügung gestellt.

Das „Chamäleon“ stellt somit eine geeignete Plattform zur erstmaligen Realisierung solcher integrierten Regelungsstrategien dar.

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Peter Reinold  
E-Mail: Peter.Reinold@rtm.upb.de  
Telefon: + 49 (0) 52 51 / 60 55 54

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

# Hierarchische Modellierung und Optimierung

## Effiziente Selbstoptimierung durch parametrische Modellreduktion

Für den Entwurf und die Regelung komplexer mechatronischer Systeme ist es vorteilhaft, eine hierarchische Struktur einzuführen, die sich an den Funktionen der einzelnen Teilsysteme orientiert. Dies gilt insbesondere für selbstoptimierende Systeme, die in der Lage sind, ihre Ziele und demgemäß ihr eigenes Verhalten autonom an veränderliche Umweltbedingungen anzupassen. Derartige Systeme stellen oftmals hochkomplexe maschinenbauliche Erzeugnisse dar, deren inhärente Teilintelligenz zudem zu einer umfangreichen Informationsverarbeitung führt.

Innerhalb der hierarchischen Struktur werden mathematische Modelle des dynamischen Verhaltens verwendet, um die kognitiven Fähigkeiten auszulegen und optimale Systemeinstellungen zu bestimmen. Da hierzu stets mehrere, zumeist gegenläufige Ziele berücksichtigt werden müssen, werden spezielle Mehrzieloptimierungsverfahren zur Berechnung optimaler Kompromisse eingesetzt. Eine weitere Verringerung der Komplexität wird durch eine systematische Vereinfachung der mathematischen Modelle unterlagerter Teilsysteme erreicht, bevor diese innerhalb der Hierarchie an die überlagerte Ebene übergeben werden.

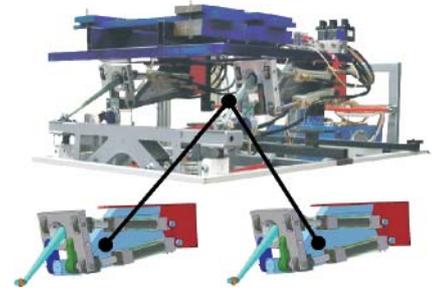
### Parametrische Modellreduktion

In aktuellen Arbeiten untersuchen wir Verfahren der parametrischen Modellordnungsreduktion zur systematischen Vereinfachung der unterlagerter Teilmodelle. Mit Hilfe dieser Verfahren werden die Anzahl der systembeschreibenden Gleichungen reduziert und zusätzlich eine explizite Parameterabhängigkeit beibehalten. Das Ziel besteht in einer Effizienzsteigerung der Mehrzieloptimierungsverfahren, insbesondere im Bereich der hierarchischen Optimierung. Diese spezielle Art der Mehrzieloptimierung nutzt ebenfalls die hierarchische Struktur des Systems aus, indem das gesamte Optimierungsproblem in einzelne aufeinander aufbauende Optimierungen zerlegt wird. Die Optimierungsparameter der unterlagerter Systeme stellen die

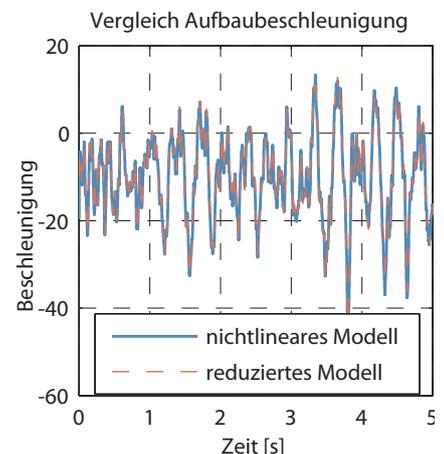
innerhalb der Modellordnungsreduktion zu erhaltenden Parameter dar. Durch die explizite Abhängigkeit der vereinfachten Modelle kann eine Optimierung dieser direkt nutzen; anderenfalls müssten in jedem Optimierungsschritt aktuelle vereinfachte Modelle von den unterlagerter Modulen angefordert werden.

### Hierarchische Optimierung am Beispiel einer aktiven Federung

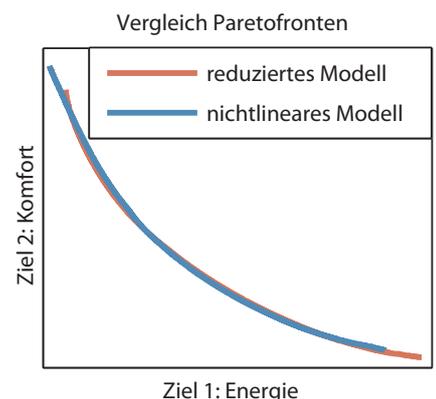
Unter Einsatz der parametrischen Modellordnungsreduktion wurde ein hierarchisches Modell des Feder-Neige-Prüfstands erstellt. Dieser Prüfstand dient dazu die aktive Federung des Schienenfahrzeugs RailCab weiterzuentwickeln. Das hierarchische Modell besteht aus zwei Hierarchieebenen mit zwei unterlagerter und einem überlagerter Teilmodell. Die hierarchische Optimierung berechnet zunächst für die unterlagerter Teilsysteme optimale Einstellungen anhand der dort definierten Zielgrößen. Anschließend werden für die überlagerte Ebene weitere Zielfunktionen definiert und eine separate Mehrzieloptimierung gestartet. Diese überlagerte Optimierung wird auf optimale Einstellungen der unterlagerter Systeme, d. h. auf die Ergebnisse der unterlagerter Optimierung, beschränkt. Durch den Einsatz der Modellordnungsreduktion kann die Optimierung um den Faktor 5 beschleunigt werden, im Vergleich zur Verwendung eines nicht vereinfachten mathematischen Modells.



Hierarchische Zerlegung des Feder-Neige-Prüfstands



Simulationen der vertikalen Beschleunigungen des Prüfstands



Optimierungsergebnisse (Paretofronten) der hierarchischen Optimierung des Prüfstands

#### Kontakt:

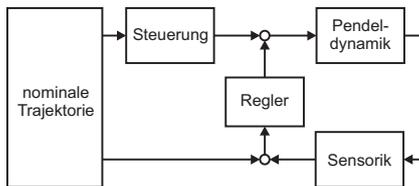
Dipl.-Math. Martin Krüger  
E-Mail: [Martin.Krueger@rtm.uni-paderborn.de](mailto:Martin.Krueger@rtm.uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 55 68

# Optimale Steuerung mechanischer Systeme

## Anwendung optimaler Steuerstrategien am Doppelpendel



Das Doppelpendel mit Linearantrieb



Kombinierte Steuer- und Regelstrategie für das Doppelpendel

### Optimale Steuerung

Unter einer optimalen Steuerung eines mechanischen Systems versteht man denjenigen Verlauf der Steuergröße, der ein bestimmtes Kostenfunktional minimiert. Dabei bestehen Randbedingungen an das System, die bei der Berechnung der Steuerung beachtet werden müssen. Dies können z. B. Bedingungen an den Anfangs- oder Endzustand des Systems sein. Im Kostenfunktional kann man die Zielgröße festlegen, unter der das Systemverhalten minimiert werden soll. So lässt sich durch die Gewichtung mehrerer Zielgrößen in natürlicher Weise auch eine Mehrzieloptimierung ausführen. Bei mechanischen Systemen, z. B. einem Roboterarm, sind dies häufig die Ausführungszeit einer bestimmten Bewegung und die dafür benötigte Energie. Durch die Theorie der optimalen Steuerung lassen sich so Trajektorien für mechanische Systeme bestimmen, die unter bestimmten Aspekten vorteilhaft sind.

### Doppelpendel

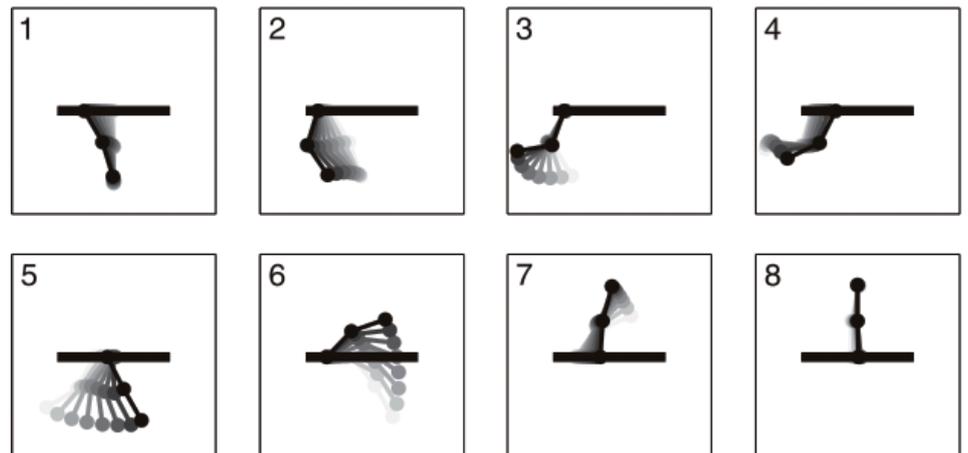
In der Regelungstechnik werden unterschiedliche Pendelsysteme häufig als Forschungsobjekte für unteraktuierte, nicht-lineare mechanische Systeme verwendet; die Arbeiten beschäftigen sich mit der Stabilisierung und dem Aufschwung des Einfach- oder auch des Mehrfachpendels. Insgesamt bieten derartige Systeme den Anreiz, neue Regelungsmethoden zu entwickeln und zu testen. In der Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik haben wir ein Doppelpendelsystem auf einem linear geführten Wagen aufgebaut, um

Methoden der Regelungs- und Steuerungstheorie auszutesten und weiterzuentwickeln.

### Steuerungsmethoden

Ein Ziel der Arbeiten ist die Bestimmung von Steuerungen für die Bewegung zwischen beliebigen Ruhelagen des Pendels. In unserer Anwendung wird die Methode „Discrete Mechanics and Optimal Control“ (DMOC) verwendet. Diese Methode unterscheidet sich strukturell von anderen optimalen Steuerungsmethoden und erlaubt es, alle gewünschten Nebenbedingungen (z. B. Systembeschränkungen) schon im Entwurf zu berücksichtigen. Außerdem können durch die Variation verschiedener Entwurfparameter, wie der oben beschriebenen Gewichtung verschiedener Größen in der Zielfunktion, unterschiedliche Trajektorien für ein Manöver zwischen zwei Ruhelagen bestimmt werden.

Die Ergebnisse, die mit dem DMOC-Algorithmus erreicht werden konnten, sind sehr vielfältig. Viele unterschiedliche Manöver für den Übergang zwischen zwei Ruhelagen des Doppelpendels konnten berechnet werden. Eine dieser Bewegungen für den Aufschwung des Doppelpendels ist in der unteren Abbildung zu sehen. Aus diesen Ergebnissen müssen dann die Trajektorien ausgewählt werden, die auch realisiert werden können, denn allein mit der Steuerung lässt sich keine stabile Bewegung ausführen. Es muss zusätzlich ein Regler entlang der Steuertrajektorie bestimmt werden, der die Bewegung stabilisiert. Erst dann kann ein Manöver am Prüfstand realisiert werden.



Steuertrajektorie für den Aufschwung des Doppelpendels

#### Kontakt:

Dipl.-Math. Julia Timmermann  
E-Mail: Julia.Timmermann@hni.upb.de  
Telefon: + 49 (0) 52 51 / 60 55 74

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

# Dynamische Programmierung

Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen mit Hilfe echtzeitfähiger Optimierungsalgorithmen

## Dynamische Programmierung zur Mehrziel-Optimierung von Geschwindigkeitsprofilen für Kraftfahrzeuge

Als eine Anwendung des Entwurfs optimaler Regelung wird die Optimierung von Geschwindigkeitsprofilen für Kraftfahrzeuge 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 zum anderen das globale Optimum, sofern es existiert, gefunden wird. Damit ist die Dynamische Programmierung sehr gut geeignet für die Lösung von Optimierungsaufgaben in Echtzeitanwendungen. Allerdings wird bei bestimmten Aufgabenstellungen, wie der Optimierung dynamischer Systeme höherer Ordnung, der Rechenaufwand rasch so hoch, dass die Dynamische Programmierung nicht mehr praktikabel ist. In der Fachgruppe für Regelungstechnik und Mechatronik wird die Dynamische Programmierung für die Entwicklung eines autonomen Fahrerassistenzsystems eingesetzt. Anhand einer gewichteten Kostenfunktion, der ein Kompromiss zwischen optimalem Kraftstoffverbrauch und minimaler Fahrzeit entspricht, wird ein optimales Geschwindigkeitsprofil ermittelt, das wiederum als ein Referenzwert für den Fahrer oder weitere Fahrerassistenzsysteme dient.

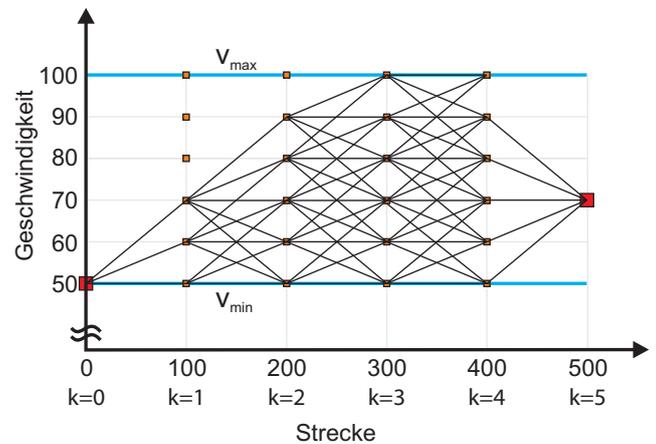
## Differentielle Dynamische Programmierung: Optimale Regelungsstrategien für das Fahren im Grenzbereich

Die Differentielle Dynamische Programmierung beruht auf demselben Grundprinzip wie die Dynamische Programmierung, soll aber effiziente Methoden der

gradientenbasierten mathematischen Optimierung einbinden, weshalb das System in Zeit und Raum nicht mehr diskretisiert werden muss. Dies führt zu einem weit flexibleren Algorithmus, der auch auf Gebieten Anwendung finden kann, wo die nötige Diskretisierung nicht möglich ist oder die daraus resultierenden Fehler zu unzulässigen Ergebnissen führen würden. Im Vergleich zu anderen Optimierungsalgorithmen werden die optimalen Systemeingänge als eine Funktion der Systemzustände berechnet, so dass als Ergebnis direkt ein Regelungsgesetz mit Rückführung der Zustandsgrößen resultiert.

Sogar bei nichtlinearen Systemen höherer Ordnung ist die Differentielle Dynamische Programmierung ein für die Echtzeitberechnung von optimalen Steuerungsstrategien geeigneter Algorithmus – ein immens wichtiges Thema in der modernen Regelungstechnik.

Einer der Bereiche, in denen die Differentielle Dynamische Programmierung vielversprechend scheint, ist die Entwicklung optimaler Steuerungs- und Reglerstrategien für Straßenfahrzeuge unter kritisch-stabilen oder sogar instabilen Fahrverhältnissen. Unter solchen Bedingungen herrschen komplexe Wechselwirkungen zwischen dem Fahrzeug und seiner Umgebung, die eine robuste und komplexe Regelungsstrategie verlangen. Zugleich muss die Reaktionszeit des Fahrzeugs im Bereich von Millisekunden gehalten werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Differentielle Dynamische Programmierung in der Lage ist, das Verhalten des Fahrzeugs unter widrigen Fahrtverhältnissen genau vorherzusehen und darauf zu reagieren, so dass Stabilität und Kontrollierbarkeit des Fahrzeugs gewahrt bleiben.



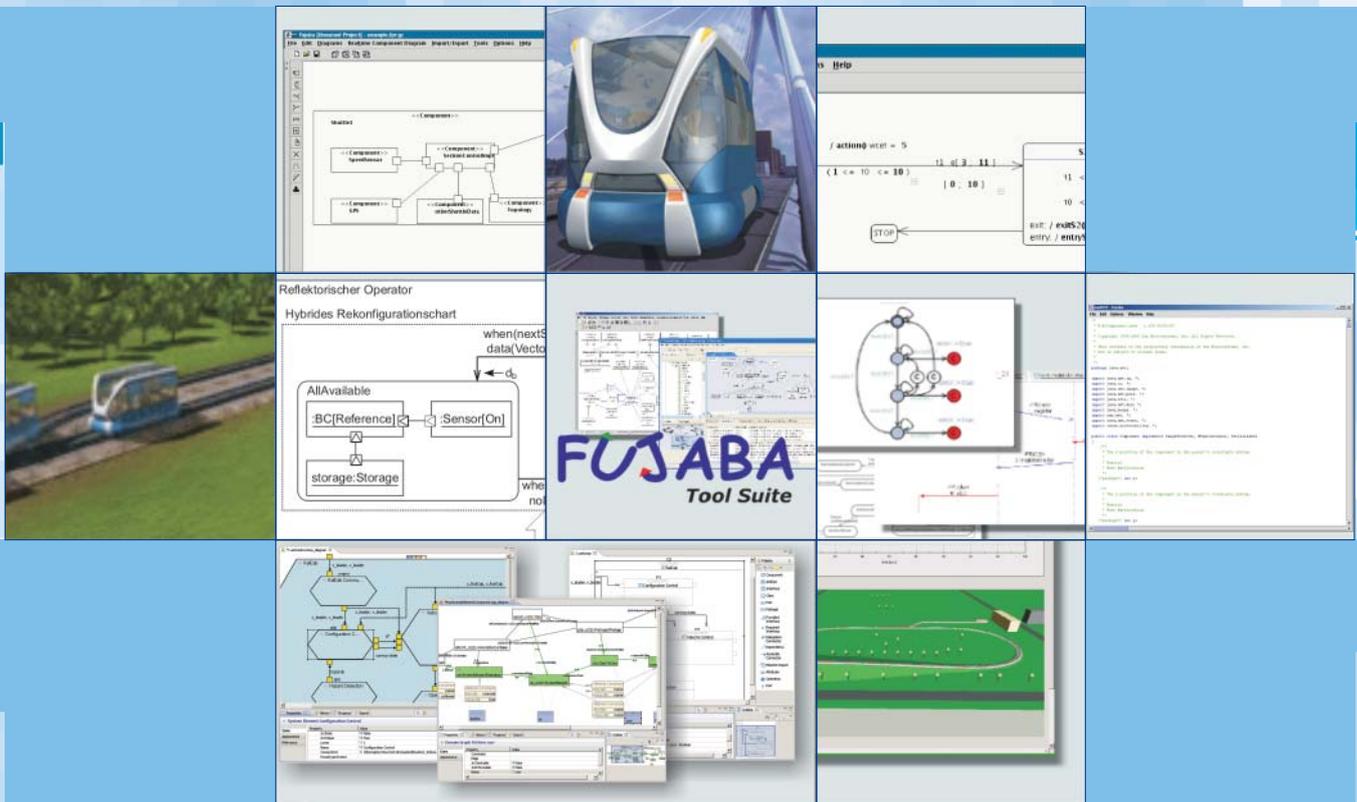
Ermittlung des optimalen Geschwindigkeitsprofils mittels dynamischer Programmierung

**Kontakt:**  
Dipl.-Wirt.-Ing. Sandra Gausemeier  
E-Mail: Sandra.Gausemeier@rtm.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 55 74

M.Eng. Shaady Khatab  
E-Mail: Shaady.Khatab@rtm.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 55 55

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

# 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.

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-

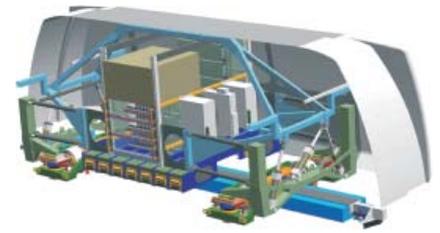
ten zur Generierung von Programmcode, welcher die Struktur, das Verhalten und die Rekonfiguration umsetzt. Durch Integration mit modellbasierten Analysen und Verifikationstechniken wird der durchgängige modellbasierte Entwurf für rekonfigurierende mechatronische Systeme unterstützt. Die Konzepte sind 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. In der Fachgruppe 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 über den gesamten Lebenszyklus eines mechatronischen Produkts entstehen.



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

Klassendiagramme  
Spezifikation von  
Struktur und Verhalten

Echtzeit Statecharts

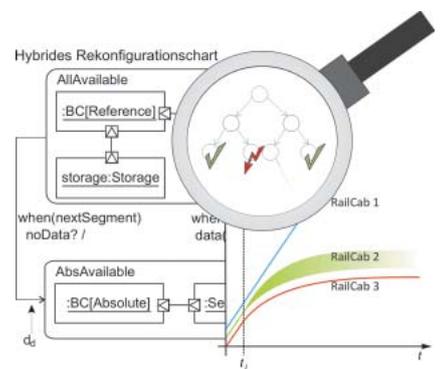
Echtzeit Komponentendiagramme  
Spezifikation eingebetteter  
Echtzeitsysteme

**FUJABA**  
Tool Suite

Wirkstruktur

Verhalten – Zustände  
Disziplinübergreifende Spezifikation  
maschinenbaulicher Prinzipialösungen

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.

# Softwarequalitätssicherung in der Medizintechnik

## Szenariobasierte Anforderungsspezifikation und Testfallgenerierung



Medizingeräte der Siemens AG Healthcare Sector

Heutzutage kommt eine Vielzahl von komplexen medizinischen Geräten zum Einsatz, um Ärzte bei Diagnose- und Eingriffsverfahren zu unterstützen, zum Beispiel bei der Katheterführung mit Hilfe von Röntgenaufnahmen (s. oberes Bild). Viele der Funktionen sind durch Software realisiert. Da die medizinischen Geräte im engen Kontakt mit Menschen genutzt werden, müssen sie korrekt und zuverlässig sein, da fehlerhaftes Verhalten Lebensgefahr bedeuten kann. In dem oberen Beispiel wäre der Arzt „blind“, wenn das Röntgengerät ausfallen würde während einer Intervention. Daher müssen Hersteller in der Medizintechnik eine hohe Qualität ihrer Produkte gewährleisten. Für die Software bedeutet das einen sorgfältigen Softwareentwicklungsprozess sowie Maßnahmen zur Softwarequalitätssicherung.

Siemens AG Healthcare Sector, einer der weltgrößten Lieferanten in der Medizintechnik, hat einen hohen Qualitätsstandard im Entwicklungsprozess und versucht diesen immer weiter zu verbessern. Daraus ergab sich ein gemeinsames Projekt mit dem s-lab und der Fachgruppe Softwaretechnik. Ziel dieses Projekts ist die Verbesserung der Effizienz und Effektivität im Softwareentwicklungsprozess durch den Einsatz von modellbasierten Techniken und durch Erhöhung des Automatisierungsgrads.

### Konzeptüberblick

Das Konzept setzt mit der Softwarequalitätssicherung schon bei der Anforderungsspezifikation an (s. mittleres Bild). Die Anforderungen, im Speziellen Anwendungsfälle, die Szenarien beschreiben, in dem das zu entwickelnde System genutzt werden soll, werden mit erweiterten Sequenzdiagrammen auf Basis von UML 2.0 modelliert. Der Gebrauch von Modellen resultiert in präziseren Anforderungen, da sie weniger Mehrdeutigkeiten zulassen als natürliche Sprache. Zusätzlich ermöglichen Modelle eine automatisierte Weiterverarbeitung.

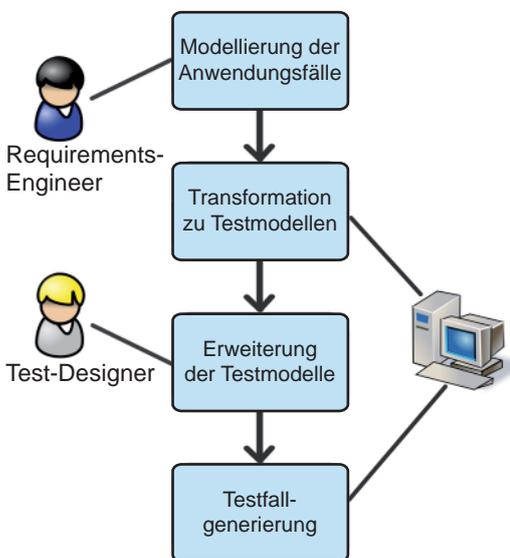
In unserem Konzept nutzen wir die Anforderungsmodelle, um automatisch Testmodelle daraus abzuleiten. Diese Testmodelle können dann vom Testdesigner genutzt werden, um sie mit test-spezifischer Information zu erweitern. Aus diesem Testmodell können dann automatisch Testfälle für den Systemtest generiert werden. Diese automatischen Schritte verringern den manuellen Aufwand und können zum einen dafür sorgen, dass dadurch weniger Fehler auftreten, und zum anderen verschiedene Abdeckungen der Anwendungsfälle sicherstellen.

### Aktuelle Arbeiten

Im Rahmen dieses Projekts finden zurzeit weitere Arbeiten statt, die sich mit der Umsetzung des Konzepts befassen. Es erfolgt eine Evaluierung von kommerziellen Werkzeugen, da ein Modellierungswerkzeug, ein Modelltransformationswerkzeug sowie ein Testfallgenerierungswerkzeug notwendig sind, die die Anforderungen bezüglich der Konzeptumsetzung erfüllen müssen. Zudem müssen diese Werkzeuge in die bestehende Werkzeuglandschaft bei Siemens Healthcare integriert werden können.

Des Weiteren wird ein Konzept zur Konflikterkennung ausgearbeitet, da es möglich sein kann, dass bei einer erneuten Modelltransformation von Anwendungsfällen zu Testmodellen Konflikte entstehen, wenn die Testmodelle bereits erweitert wurden.

Der dritte Schwerpunkt befasst sich mit der Migration der bestehenden Anforderungsspezifikationen in die erweiterten Sequenzdiagramme. Zum einen will Siemens so das Konzept evaluieren, zum anderen besteht ein großes Interesse daran die bestehenden Projekte in Modelle zu überführen, da nachfolgende Projekte auf diesen aufbauen. In der Arbeit versuchen wir mit Sprachmustern und Sprachverarbeitungstechniken die Migration halbautomatisch zu gestalten.



Übersicht des Konzepts zur Softwarequalitätssicherung



**SIEMENS**

#### Kontakt:

Dr. Matthias Meyer  
E-Mail: [mmeyer@s-lab.upb.de](mailto:mmeyer@s-lab.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 53 91

Dipl.-Inform. Renate Löffler  
E-Mail: [rloeffler@s-lab.upb.de](mailto:rloeffler@s-lab.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 23 06

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

# Fujaba Real-Time Tool Suite

## Integration von Altkomponenten

Die FUJABA Real-Time Tool Suite basiert auf dem Open Source UML Case Tool FUJABA. FUJABA wird seit 1997 in der Fachgruppe Softwaretechnik entwickelt. Schwerpunkt der FUJABA Real-Time Tool Suite ist die modellgetriebene Entwicklung vernetzter 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 wesentlich 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 entwickelnden Software benötigt. Der wesentliche Ansatz, um eine hohe Qualität zu garantieren, ist Software modellgetrieben zu entwickeln.

In dem hier vorgestellten Projekt, das Teil der FUJABA Real-Time Tool Suite ist, geht es darum, bewährte Hardware- und Softwarekomponenten aus alten Systemen wieder zu verwenden. Dadurch werden Entwicklungskosten gesenkt und die Entwicklungsdauer verkürzt. Dabei muss sichergestellt werden, dass diese Altkomponenten sicher in das Gesamtsystem integriert werden.

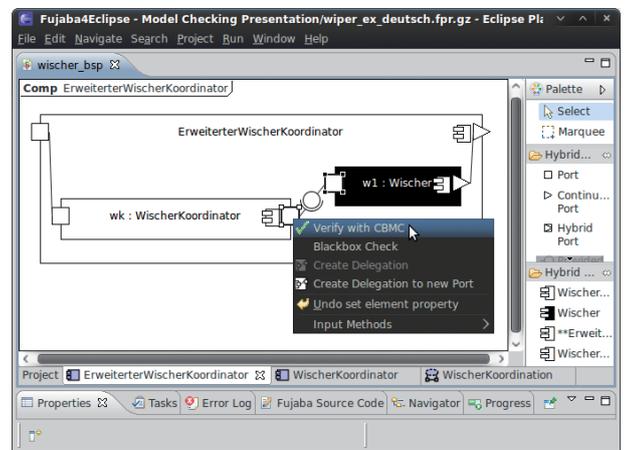
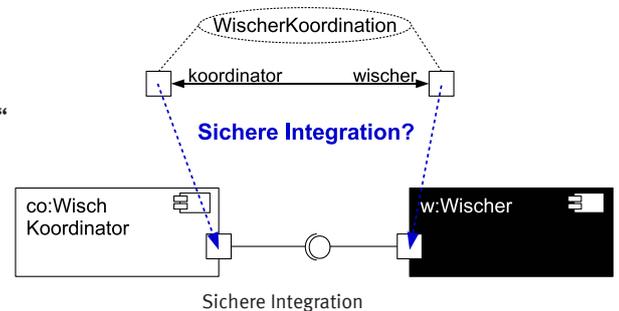
Eine Integration ist dann sicher, wenn die Kommunikation zwischen der Altkomponente und den Komponenten, mit denen die Altkomponente interagieren soll, fehlerfrei funktioniert. Das bedeutet, dass das durch ein Modell definierte Kommunikationsprotokoll eingehalten wird und keine Verklemmungen auftreten. Außerdem muss die Altkomponente bei Fehlern, die bei der Kommunikation auftreten können, das System in einen sicheren Zustand überführen. Wird zum Beispiel eine Nachricht in einem definierten Zeitintervall nicht empfangen, weil die Verbindung zwischen beiden ausge-

fallen ist, wechselt die Altkomponente in einen definierten Fehlerzustand, der eine sogenannte „fail-safe“ Eigenschaft sicherstellt.

Um eine sichere Integration zu garantieren, ist eine Simulation des Modells allein nicht ausreichend, da die Vernetzung mechatronischer Systeme schon teilweise jetzt aber in jedem Fall in Zukunft zu komplex sein wird, um aussagekräftige Aussagen über die Korrektheit der Kommunikation zu erhalten. Deshalb müssen zusätzlich Modellanalysen durchgeführt werden, welche beweisen, dass die Kommunikation zwischen der Altkomponente und ihrer Umgebung im Gesamtsystem fehlerfrei funktioniert. Dazu müssen die Altkomponenten, für die jedoch häufig kein Modell existiert, in die modellgetriebene Entwicklung des Gesamtsystems einbezogen werden. Das Modell der Altkomponente wird in der Fujaba Real-Time Tool Suite über einen lernbasierten Ansatz rekonstruiert. Mit Hilfe dieses Modells kann formal gezeigt werden, dass die Altkomponente korrekt mit ihrer Umgebung im Gesamtsystem kommuniziert und damit sicher integriert ist.

Seit 2003 sind im Rahmen dieses Projektes über 100 Veröffentlichungen (Zeitschriften-, 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>.



Integration von Legacy-Komponenten

**Gefördert durch:**  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

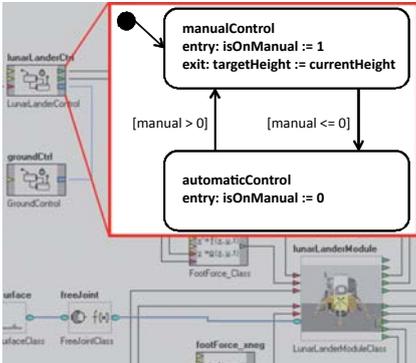
**Kontakt:**  
Dipl.-Inform. Claudia Priesterjahn  
E-Mail: [c.priesterjahn@uni-paderborn.de](mailto:c.priesterjahn@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 33 08

M.Sc. Christian Heinzemann  
E-Mail: [c.heinzemann@uni-paderborn.de](mailto:c.heinzemann@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 / 60 23 06

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

# Transferprojekt „Hybride Modellierung“

## Integration hybrider Modellierungstechniken in CAMEL-View



Real-Time Statechart im CAMEL-View-Blockdiagramm

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ (SFB 614) wurde in den letzten Jahren eine Sprache für den komponentenbasierten Entwurf hybrider, mechatronischer Systeme entwickelt. Sie bietet geeignete Techniken zur systematischen Modellierung der nachrichtenbasierten (diskreten) Echtzeitkoordination zwischen mechatronischen Systemen mittels Real-Time Statecharts, einer Verfeinerung der UML Zustandsdiagramme um Konstrukte zur Spezifikation von harten Echtzeiteigenschaften.

Innerhalb des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Transferprojekts „Hybride Modellierung“ wird das Modellierungswerkzeug CAMEL-View um die Modellierungssprache Mechatronic UML erweitert. Ziel ist die vollständige Integration der Modellierungsmöglichkeiten in die graphische Benutzeroberfläche des Werkzeugs CAMEL-View. Dadurch sollen die im SFB 614 erarbeiteten Forschungsergebnisse kommerziell nutzbar gemacht werden.

Das Werkzeug CAMEL-View der Firma iXtronics unterstützt die modellbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme. Die Modelle beschreiben durch Blockdiagramme/Topologiediagramme mechanische, hydraulische und regelungstechnische Elemente. In CAMEL-View liegt ein besonderer Fokus auf der Modellbildung physikalischer Bauelemente, zum Beispiel die Beschreibung von Massen und Gelenken für die Mechanik. CAMEL-View ermöglicht die Generierung effizienten Quelltextes aus den Modellen, sodass möglichst große Modelle in Echtzeit berechnet werden können. Die Modelle können zur Validierung simuliert werden.

### Integration diskreten Verhaltens

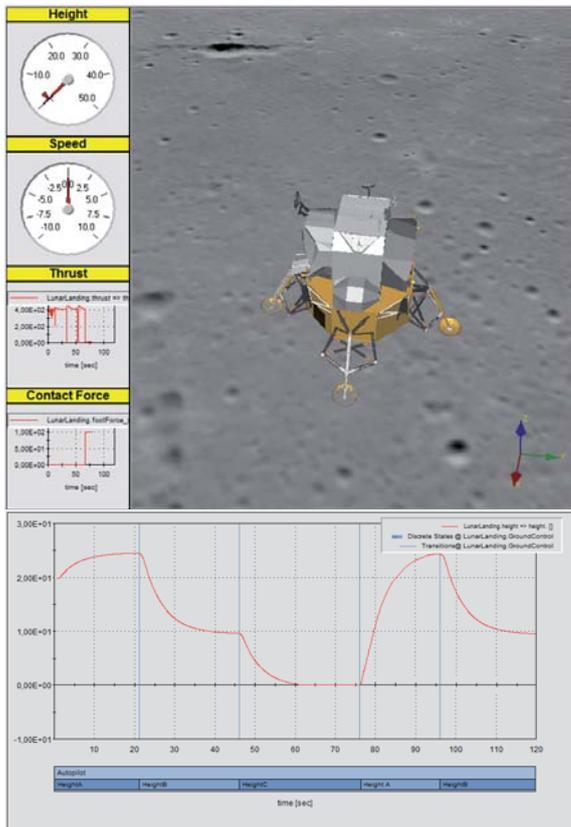
Für die Integration des diskreten Verhaltens wurden die Real-Time Statecharts der Mechatronic UML in die von CAMEL-View verwendeten Blockdiagramme, welche das kontinuierliche Verhalten beschreiben, integriert. Die einzelnen Blöcke innerhalb der Diagramme stellen dabei kontinuierliche Funktionen dar, die untereinander Werte austauschen. Die Erweiterung ermöglicht nun durch einen neuen Blocktypen, der Real-Time Statecharts enthält, auch diskretes Verhalten mit einem kontinuierlichen Zeitmodell im System zu modellieren (oberes Bild).

### Integration der Codegenerierung

Neben der oben dargestellten Integration auf Ebene der Modellierungssprache musste auch die entwickelte Codegenerierung für die diskreten Modellierungselemente in CAMEL-View integriert werden. Hierzu wurden die Real-Time Statecharts auf das CAMEL-View-eigene Element StateSpaceOdss, das zur Zwischensprache Objective-DSL gehört, abgebildet. Dies ermöglicht es, nach der Abbildung die bestehende und bewährte Codegenerierung von CAMEL-View zu nutzen.

### Simulation hybriden Verhaltens

Durch die Integration wurde es möglich, hybrides Verhalten in CAMEL-View zu modellieren und daraus Code zu generieren. Für die Validierung der hybriden Modelle stellt CAMEL-View eine umfangreiche Simulationsumgebung zur Verfügung (s. unteres Bild). Die Visualisierung beschränkt sich jedoch auf das kontinuierliche Verhalten und musste daher ebenfalls um diskretes Verhalten erweitert werden. Hierzu wurden neue Konzepte für die Simulationsumgebung entwickelt, die sowohl das Visualisieren des Interaktionsverhaltens zwischen diskreten Komponenten als auch eine verknüpfende Darstellung von kontinuierlichen und diskreten Daten in einem gemeinsamen Plot ermöglichen.



Simulationsumgebung



Gefördert durch:  
iXtronics GmbH

Kontakt:  
Dr. Matthias Tichy  
E-Mail: [mtt@uni-paderborn.de](mailto:mtt@uni-paderborn.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 50 08

<http://www.upb.de/cs/ag-schaefer>

# Quantitative Evaluation von Softwarearchitekturen

Softwarearchitekturen sind ein wichtiges Bindeglied zwischen den Anforderungen eines Systems und seinem Entwurf. Dabei beeinflusst die Architektur maßgeblich die Qualität der zu erstellenden Software. Werden Fehler im Architekturentwurf begangen, sind diese nur schwer und meist unter hohen Kosten in späteren Entwicklungsphasen zu beseitigen. Umso wichtiger ist eine frühzeitige Analyse der Softwarearchitektur, um Fehlentwicklungen zu verhindern. Neben der Vermeidung früher Entwurfsfehler helfen Softwarearchitekturen auch beim Ausbalancieren der teils widersprüchlichen Anforderungen an den Entwurf. So gehen beispielsweise hohe Anforderungen an die Systemsicherheit aufgrund der nötigen Verschlüsselung zu Lasten der Performance. Außerdem gilt es, alle Anforderungen unter einem oft beschränkten Budget zu realisieren.

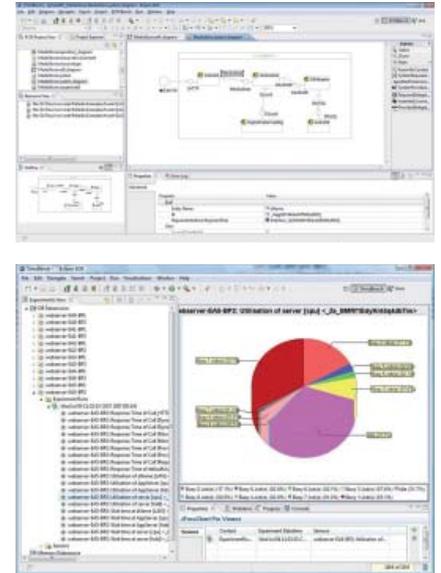
Die quantitative Analyse von Softwarearchitekturen befasst sich in diesem Kontext mit solchen Systemeigenschaften, die sich mittels Metriken vorhersagen lassen. Beispiele hierfür sind Performance-Metriken wie die mittlere Antwortzeit oder die Hardware-Ressourcenauslastung, Zuverlässigkeitsmetriken wie die Wahrscheinlichkeit bei einem Aufruf kein oder ein fehlerhaftes Ergebnis zu erhalten oder auch Wartbarkeitsmetriken, die den Änderungsaufwand für potentielle zukünftige Weiterentwicklungsszenarien abbilden.

Um die o. g. Eigenschaften analysierbar zu machen, hat sich der komponentenbasierte Softwareentwurf als gute Ausgangsbasis etabliert. Der Vorteil hierbei liegt darin, dass aus den Modellen der einzelnen Softwarekomponenten kompo-

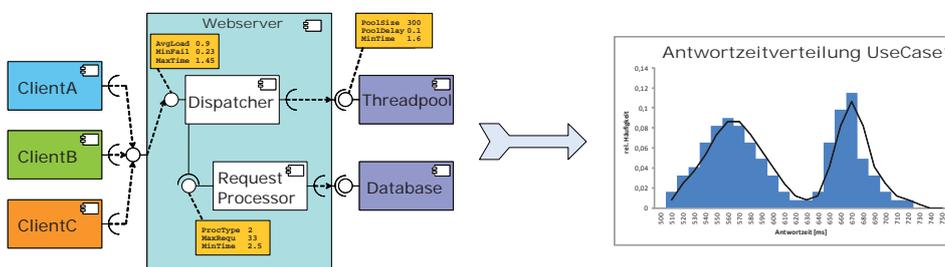
sitionell die Qualität des Gesamtsystems bestimmt werden kann. In der komponentenbasierten Softwareentwicklung wird eine stricte Arbeitsteilung realisiert, die den nötigen Spezifikationsaufwand pro Entwickler gering hält, da die Modellierung einzelner Komponenten durch deren Hersteller erfolgt.

Ein solcher Modellierungsansatz wurde in den Vorarbeiten des Palladio Projekts und des EU Projekts Q-ImPRESS umgesetzt. Während im Palladio Projekt das Palladio Komponentenmodell (PCM) entwickelt wurde, das eine Vorhersage der Performance eines komponentenbasierten Systems ermöglicht, befasst sich das Q-ImPRESS Projekt mit der Performance, Zuverlässigkeit und Wartbarkeit von dienstorientierten Anwendungen. Dabei verfolgen beide Projekte einen modellgetriebenen Ansatz, in dem Softwarearchitekturmodelle durch automatisierte Transformationen in Analysemodelle der jeweiligen Qualitätseigenschaft umgewandelt werden. Die Konzepte von PCM und Q-ImPRESS wurden in ausgereiften Werkzeugen umgesetzt. Diese wurden in der Industrie erfolgreich in Fallstudien erprobt.

Auf Basis dieser Vorarbeiten werden aktuell am Heinz Nixdorf Institut neue Forschungsansätze verfolgt. Insbesondere die Migration des Quellcodes von Altanwendungen in dienstorientierte Anwendungen soll durch Methoden des Reengineering effizienter gestaltet werden. Dabei werden zunächst heuristisch in der Altanwendung Dienstkandidaten erkannt. Auf deren Basis und unter Einsatz von Best Practice Regeln und Mustern wird der Quellcode der Altanwendung dann bezüglich der Wartbarkeit optimiert.



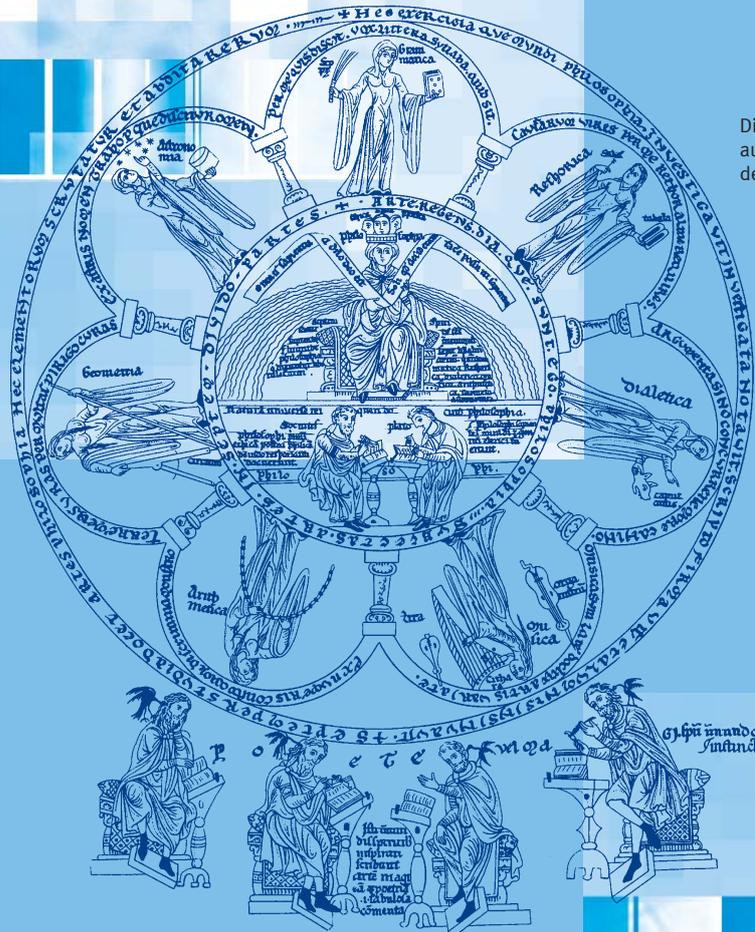
Performance-Vorhersage mit dem Palladio-Werkzeug



Architekturbasierte Antwortzeit-Vorhersage

**Kontakt:**  
 Jun.-Prof. Dr.-Ing. Steffen Becker  
 E-Mail: Steffen.Becker@upb.de  
 Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 33 20

# Wissenschaftstheorie und 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.

E-Mail: [Volker.Peckhaus@upb.de](mailto:Volker.Peckhaus@upb.de)

Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 24 11

Telefax: +49 (0) 52 51 | 60 37 44

<http://www-fakkw.uni-paderborn.de/institute/philosophie>

### Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Im weiten Feld des Nachdenkens über Wissenschaft und Technik widmet sich die Fachgruppe vor allem den logischen und kognitiven Bedingungen des Erkennens und des wissenschaftlichen Handelns. Ein Forschungsschwerpunkt liegt in der Geschichte der neueren Logik und der 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 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 die Fachgruppe 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

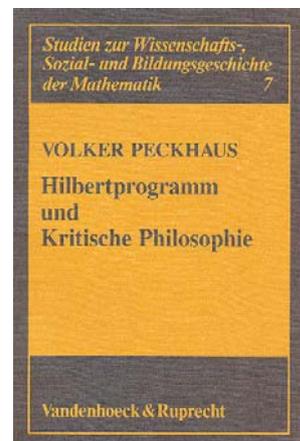
2006 wurde das Forschungsprojekt „Dynamische Basisontologie und kooperative Semantiken“ von Prof. V. Peckhaus und Prof. R. Hagengruber mit Unterstützung des Heinz Nixdorf Instituts initiiert. Dieses von Prof. R. Hagengruber durchgeführte Projekt stellt einen wichtigen Schritt im geplanten Aufbau eines 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 Fachgruppe 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



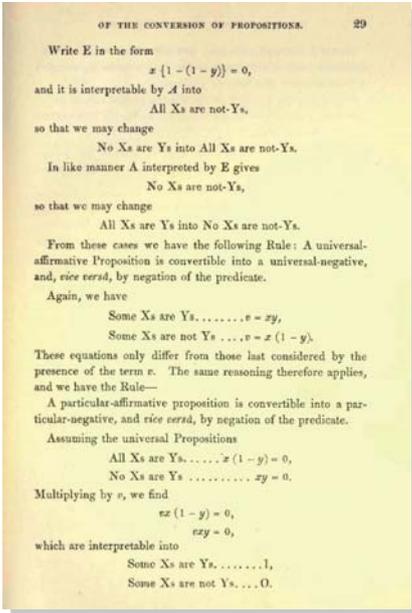
Peckhaus, V.: Logik, Mathesis universalis und allgemeine Wissenschaft, Berlin, Akademie Verlag, 1997



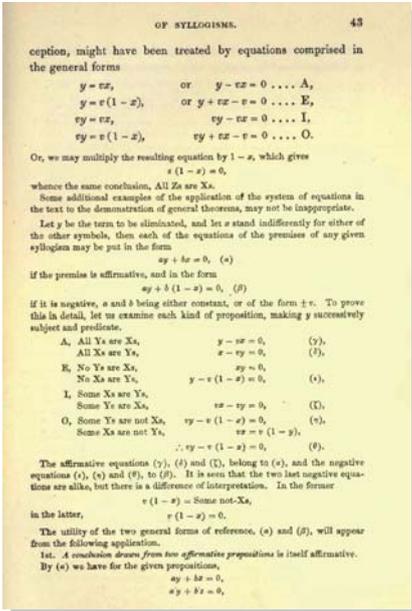
Peckhaus, V. (Hrsg.): Oskar Becker und die Philosophie der Mathematik, München, Wilhelm Fink Verlag, 2005

# Algebra der Logik und Logische Algebra

## Zu einer Vorgeschichte der Modelltheorie



Boole, G.: The Mathematical Analysis of Logic, Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning, Cambridge, Macmillan, Barclay & Macmillan, 1847, 29.



Boole, G.: The Mathematical Analysis of Logic, Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning, Cambridge, Macmillan, Barclay & Macmillan, 1847, 43.

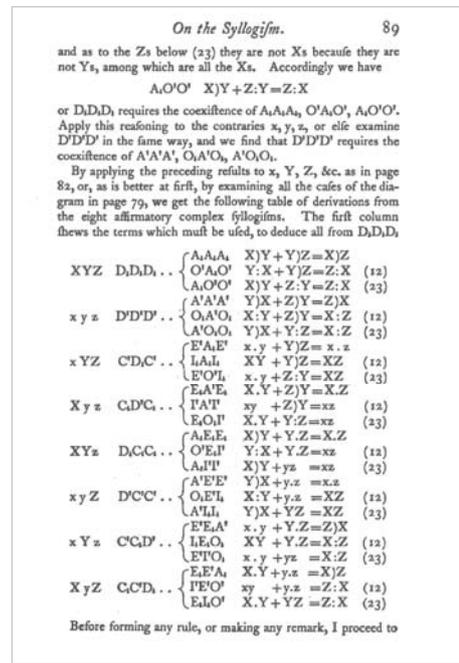
**Kontakt:**  
M.A. Anna-Sophie Heinemann  
E-Mail: annasoph@mail.upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 160 23 13

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

Die gegenwärtige Rede von Modellierung und von wissenschaftlicher Modellbildung hat eine Geschichte. Ihre Hintergründe und Bedingungen liegen im historischen Kontext der Entstehung moderner Strukturmathematik, aber auch der symbolischen Logik im 19. Jahrhundert. Von Interesse ist insbesondere die Frage, ob sich ein handhabbares Konzept von Logik auf ‚formale‘ Aspekte reduzieren lässt.

### ‚Logische Form‘ als Leitbegriff?

Unter dieser Annahme untersucht werden der Begriff der logischen ‚Form‘ und die strittige Annahme ihrer notwendigen Interpretierbarkeit anhand von exemplarischen Debatten im Umfeld britischer Logik und Wissenschaftstheorie des 19. Jahrhunderts. Hier wird der Formbegriff in mindestens drei unterschiedlichen Bedeutungen verhandelt: Er kommt zum Einsatz im Sinne konstitutiver Gesetzmäßigkeiten (‚form‘ versus ‚matter‘), beschreibt operationale Prinzipien (‚form‘ versus ‚content‘) und nähert sich einer Vorstellung von Struktur, die in jüngerem Vokabular als ‚Syntax‘ in Abgrenzung von ihren zulässigen ‚semantischen‘ Modellen beschrieben werden kann (‚form‘ versus ‚interpretation‘).



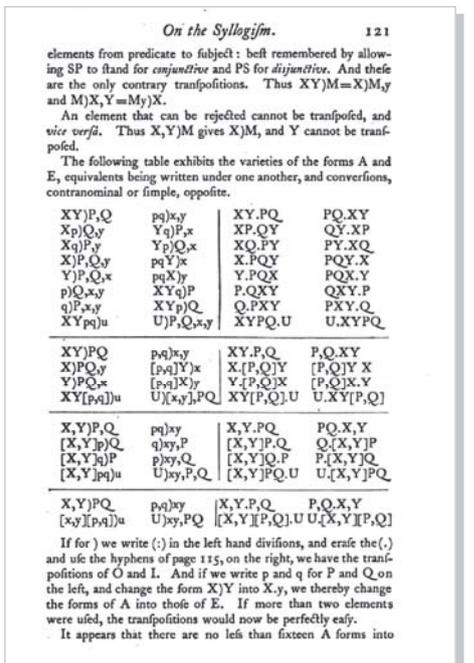
De Morgan, A.: Formal Logic or, The Calculus of Inference, Necessary and Probable, London, Taylor and Walton, 1847, 89 und 121.

### ‚Symbolische Algebra‘, ‚Algebra der Logik‘, ‚Logische Algebra‘

Historisch gesehen ergeben sich die Debatten über die Priorität der ‚Form‘ gegenüber ihrer ‚Interpretation‘ aus einem Wechselverhältnis von Logik und Weiterentwicklungen der Algebra. So beansprucht insbesondere die britische ‚Symbolische Algebra‘, mit funktionalen Zusammenhängen von Zeichen statt mit unbekanntem Objekten zu operieren. Ansätze dieser Art beeinflussen schließlich die Konzeptionen einer ‚Algebra der Logik‘ und einer ‚Logischen Algebra‘: Für die einen gelten logische Systeme als Anwendungen einer übergeordneten algebraischen Struktur, für die anderen ergeben sich umgekehrt algebraische Strukturen aus einem universellen logischen Calculus.

### ‚Strukturen‘ und ‚Modelle‘?

Das Problem der Entscheidung für eine dieser Alternativen lässt sich systematisch auf die Rolle von ‚Modellen‘ in den Wissenschaften beziehen. Denn welche Struktur liefert hier der je anderen die ‚Syntax‘? Und welche gilt als bloß eines unter deren möglichen ‚semantischen‘ Modellen? Darüber hinaus: (Wie) gelangen wir überhaupt zu plural interpretierbaren Strukturen, wenn nicht mittels Analyse exemplarischer Anwendungsmodelle?



De Morgan, A.: Formal Logic or, The Calculus of Inference, Necessary and Probable, London, Taylor and Walton, 1847, 89 und 121.

## Die Berechenbarkeit von Denken und Handeln

Die Forschungsaktivitäten im Lehr- und Forschungsschwerpunkt Philosophie und Informatik, der von Prof. R. Hagengruber geleitet wird, befassen sich mit Fragen der Berechenbarkeit von Handlungen im sozialen Kontext und der möglichen Implementierbarkeit von Handlungsabläufen, die im sozialen und moralischen Kontext typisiert und erfasst sind.

Im Vordergrund steht dabei die Frage, ob soziale Übereinkünfte – wie beispielsweise das Versprechen – komputalisierbar, d. h. berechenbar sind. Aktuelle Forschungsergebnisse dazu wurden von Prof. R. Hagengruber in der Keynote „Metaphysics of Action in a Digitalized World“ im Rahmen der internationalen Konferenz European Computing und Philosophy ECAP 10 präsentiert. Auf dieser Konferenz, die in diesem Jahr an der Technischen Universität München stattfand, organisierte die Forschungsgruppe nun bereits zum dritten Mal den Track „Computational Approaches to Thoughts and Actions“.

Seit geraumer Zeit hat sich die Künstliche-Intelligenz-Forschung dem Thema der Synthese von mentalen Prozessen und Handlungen zugewandt. Das Konzept des „embodied mind“ führte zu einer Vielfalt an neuen Entwicklungen, so dass in der Robotik, der Kognitionsforschung und der Handlungstheorie heute gemeinsame Forschungsgebiete definiert werden können.

In Zusammenarbeit mit Prof. K. Mainzer von der Carl-von-Linde-Akademie an der Technischen Universität München organisierte Prof. R. Hagengruber den ersten Workshop „Philosophy Meets Robotics“ PHI-Bot10.

Vom 6. bis 7. Oktober 2010 fand hierzu in den Räumen der Carl-von-Linde-Akademie ein Austausch des internationalen wissenschaftlichen Nachwuchses statt. Aus der Gruppe „Action Types and Action Schemes“, die von Prof. R. Hagengruber an der Universität Paderborn geleitet wird, nahmen Dr. F. Esken mit dem Beitrag „Philosophical Approaches to Ontogenetic Early Forms of Action Representation in Humans“ und Katharina Rohlfing teil, die zu dem Thema „Are There Building Blocks of Actions and How Can Children and Artificial Systems Learn Them?“ referierte. Die Veranstaltung soll in den nächsten Jahren fortgeführt werden.



Poster der Phi-Bot10, Workshop Philosophy meets Robotics an der Carl-von-Linde-Akademie der TU München.  
(Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Veranstalters Prof. Dr. K. Mainzer)

**ECAP10**  
VIII<sup>th</sup> European Conference on  
Computing and Philosophy  
(<http://www.cvl-a.de/ecap10/>)  
Technische Universität München (TUM)  
October 4-6, 2010

*Program Chair:*  
**Klaus Mainzer**  
Head of Carl von Linde-Akademie & Philosophy of Science,  
Technology and Engineering Department, TU München

*Keynote Speakers:*  
**Manfred Broy**  
Head of Competence Center  
Software & Systems Engineering,  
TU München  
**Ruth Hagengruber**  
Institute for the Humanities:  
Philosophy, Universität Paderborn  
**Christoph von der  
Malsburg**  
FIAS – Frankfurt Institute for  
Advanced Studies &  
INI – Institut für Neuroinformatik,  
Ruhr-Universität Bochum

**Rolf Pfeifer**  
Head of Artificial Intelligence  
Laboratory, University of Zurich  
**Jordi Vallverdú**  
Philosophy Department,  
Universitat Autònoma de Barcelona

*Call for Papers:*  
<http://www.cvl-a.de/ecap10/cfp.html>  
Abstract submission deadline  
April 7<sup>th</sup>, 2010  
Early registration deadline  
May 31<sup>st</sup>, 2010

Poster der internationalen Konferenz European Computing und Philosophy ECAP 10

**Gefördert durch:**  
Deutsche Forschungsgemeinschaft

**Kontakt:**  
Prof. Dr. Ruth Hagengruber  
E-Mail: [Ruth.Hagengruber@upb.de](mailto:Ruth.Hagengruber@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 52 51 1 60 23 0819

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



# 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

Blecken, A.; Dangelmaier, W.; Danne, Ch.; Rottkemper, B.; Hellingrath, B.: Optimal Stock Relocation under Uncertainty in Post-Disaster Humanitarian Operations. In: Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, Januar 2010 IEEE, IEEE Computer Society Press.

Böhle, C.; Dangelmaier, W.; Hellingrath, B.: Operative Supply Chain Coordination for Distributing Less-than-Truckload Shipments. In: Logistik und Supply Chain Management: Deutsch-russische Perspektiven, 2010.

Dangelmaier, W.; Blecken, A.; Delius, R.; Klöpfer, St. (Eds.): Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics. 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010. Paderborn, April, 21. – 22. April 2010. Proceedings. LNBIP 46. Berlin: Springer 2010.

Dangelmaier, W.; Brodkorb, D.: Two level Multi-Criteria-Lotsizing in der Automobilindustrie. In: Delfmann, W.; Wimmer, Th.: Strukturwandel in der Logistik. Wissenschaft und Praxis im Dialog. 5. Wissenschaftssymposium Logistik 2010. S. 175 – 194. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag 2010.

Dangelmaier, W.; Aufenanger, M.; Laroque, Ch.; Klaas, A.: Ein wissenschaftliches Verfahren zur simulationsgestützten Steuerung von fahrerlosen Transportfahrzeugen in Distributionszentren. In: Tagungsband zur 15. Magdeburger Logistiktagung, 2010.

Dangelmaier, W.; Blecken, Alexander; Delius, Robin; Kloepfer, Stefan (Hrsg.) Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics. Lecture Notes in Business Information Processing, Band 46, 21. – 22. April 2010, Springer-Verlag.

Dangelmaier, W.: A concept for an Accurate and Closely Coordinated Production. In: Dangelmaier, W.; Blecken, A.; Delius, R.; Klöpfer, St. (eds): Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics. 8th International Heinz Nixdorf Symposium, IHNS 2010. Paderborn, Germany 21. – 22. April 2010. Proceedings. LNBIP 46, S. 1 – 14. Berlin: Springer 2010.

Dangelmaier, W.: Rolling Horizon and online optimization in discrete lotsizing production. In: Sihn, W.; Kuhlmann, P. (Hrsg.): Sustainable Production and Logistics in Global Networks. S. 957 – 963. 43rd CIRP International conference on Manufacturing Systems. 26. – 28. Mai 2010, Vienna. Technische Universität Wien. Wien, Graz: nwV Verlag TECHNIK 2010.

Danne, Ch.; Häusler, Petra: Assessing the Effects of Assortment Complexity in Consumer Goods Supply Chains. In: Dangelmaier, Wilhelm; Blecken, Alexander; Delius, Robin (Hrsg.) Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, Lecture Notes in Business Information Processing, Band 46, S. 118 – 129, April 2010, Springer.

Danne, Ch.: Assessing the Cost of Assortment Complexity in Consumer Goods Supply Chains by Reconfiguration of Inventory and Production Planning Parameters in Response to Assortment Changes. HNI-Verlagsschriftenreihe Band 268. Hrsg. von W. Dangelmaier. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2010.

Delfmann, W.; Dangelmaier, W.; Günthner, W.; Klaus, P.; Overmeyer, L.; Rothengatter, W.; Weber, J.; Lentjes, J.: Eckpunktepapier zum Grundverständnis der Logistik als wissenschaftliche Disziplin. In: Delfmann, W.; Wimmer, Th.: Strukturwandel in der Logistik. Wissenschaft und Praxis im Dialog. 5. Wissenschaftssymposium Logistik 2010. S. 3 – 10. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag 2010.

Delfmann, W.; Dangelmaier, W.; Günthner, W.; Klaus, P.; Overmeyer, L.; Rothengatter, W.; Weber, J.; Lentjes, J.: Towards a science of Logistics: cornerstones of a framework of understanding of logistics as an academic discipline. Logist. Res. (2010) 2, S. 57 – 63.

Dürksen, D.; Dangelmaier, W.: A Model of a System for Hierarchical Planning of Structure and Dimension of Internal Global Production Networks. In: Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2010 IEEE, IEEE Computer Society Press.

Fischer, M.; Renken, H.; Laroque, Ch.; Schaumann, G.; Dangelmaier, W.: Automated 3D-Motion Planning for Ramps and Stairs in Intra-Logistics Material Flow Simulations. In: Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, S. to appear, 2010 IEEE.

Rust, T.; Brüggemann, D.; Dangelmaier, W.; Pickert-Huchzermeyer, D.: A method for simultaneous production and order planning in a cooperative supply chain relationship with flexibility contracts. In: Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, Januar 2010 IEEE, IEEE Computer Society Press.

## Promotionen

Dr. rer. pol. Daniel Brüggemann

### Ein parametrisierbares Verfahren zur Änderungsplanung für den Flexible Flow Shop mit integrierter Schichtmodellauswahl

In dieser Arbeit liegt der Fokus auf Produktionsprozessen, die nach dem Prinzip des Flexible Flow Shop organisiert sind. Dieses lässt sich in vielen Unternehmen direkt oder mit Abweichungen vorfinden und stellt folglich einen wesentlichen Anteil praxisüblicher Probleme dar. In der Realität liegt zudem ein dynamisches Planungsumfeld vor, in dem jederzeit nachfrageseitige Ereignisse (Eilaufträge, Kundenstornierungen etc.) oder prozessbedingte Unsicherheiten (Maschinenausfälle etc.) auftreten können. Zur Handhabung dieser Störungen wird in dieser Arbeit die in der Literatur vorherrschende Beschreibung des Flexible Flow Shop derart erweitert, dass neben der Maschinenbelegungsplanung (unter Berücksichtigung reihenfolgeabhängiger Rüstzeiten, beschränkter Pufferkapazitäten etc.) parallel auch die Bestimmung wirtschaftlicher Schichtmodelle erfolgt. So stellen Arbeitskosten einen hohen Anteil an den gesamten Produktionskosten dar und die flexible Zuordnung ermöglicht darüber hinaus, die Kapazitätsangebote in einer effektiven Art zu variieren (z. B. durch die kurzfristige Hinzunahme einer Nachtschicht). In dem entwickelten Planungsverfahren wird mittels eines rollierenden Fortschreitens des Planungshorizonts den Anforderungen eines dynamischen Planungsumfelds entsprochen. Hierbei werden die verschiedenen Unsicherheiten jeweils bestmöglich in den vormalig erstellten Plan integriert, wodurch eine höhere Stabilität des Produktionsplans sowie kürzere Lösungszeiten resultieren. Um die mit dem

Planungsproblem verbundenen unterschiedlichen Probleme effektiv zu lösen, existieren mehrere Teilplanungsverfahren, deren Aufbau und Ablauf durch eine Reihe von Parametern an unterschiedliche Bedingungen angepasst werden können. Unter Zuhilfenahme von Methoden der mathematischen Optimierung und einer entwickelten Benchmarkingplattform wird das Planungsverfahren evaluiert. Im Rahmen dieser Evaluierung konnten auf Basis zweier unterschiedlich komplexer Anwendungsszenarien sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

Dr. rer. pol. Carsten Böhle

### Eine theoretische und praktische Herleitung eines Verfahrens für die kostenminimale Koordination von Lieferanten und Logistikdienstleistern zur Belieferung lieferantengesteuerter Lager

Die Dissertation beschäftigt sich mit dem Zusammenspiel von Produktion und Transport in der Supply Chain bei der Anlieferung von Teilen mehrerer Lieferanten über Sammeltouren an einen gemeinsamen Abnehmer, der über ein lieferantengesteuertes Lager versorgt wird. Heutzutage ist der Transport oft suboptimal organisiert, da dieser nur aufbauend auf der Produktionsplanung durchgeführt werden kann, welche wiederum die Anforderungen des Transports nicht mit einbezieht. Es werden zunächst die Zusammenhänge der Problemstellung innerhalb verschiedener Zeithorizonte herausgearbeitet. Bei tageweiser Betrachtung zeigt sich die direkte Beziehung zwischen den gewählten Losgrößen und der benötigten Anzahl der zum Transport eingesetzten Fahrzeuge, da die Lose unter Beachtung von Gewichts- und Volumenrestriktionen auf Fahrzeuge zugewiesen werden müssen. Ebenfalls zeigt sich bei der Untersuchung einzelner Tage eine Abhängigkeit zwischen Produktionssequenzen und Routen, denn Fertigstellungszeitpunkte definieren die Zeitfenster zur frühesten Abholung. Zur Darstellung dieses Sachverhaltes wurde ein mathematisches Modell entworfen. Dazu musste insbesondere ein Losgrößenmodell mit reihenfolgeabhängigen und periodenübergreifenden Rüstzeiten geschaffen werden, zusätzlich wurde eine minutengenaue Kopplung zwischen Produktions- und Transportmodell benötigt. Bedingt durch die Komplexität dieser gemischt-ganzzahligen linearen Abbildung war es notwendig, eine Heuristik zu entwerfen. Diese orientiert sich wiederum an den zuvor herausgearbeiteten Zusammenhängen innerhalb von einzelnen Zeithorizonten und stimmt sukzessive zunächst simultan die Losgrößen und Touren aufeinander ab, danach die Produktionssequenzen und Routen. Zusätzlich wird ein informationstechnischer Rahmen für die dezentrale Organisation eines solchen Planungsverfahrens entworfen. Es konnte gezeigt werden, dass die Einbeziehung des Transports zu einem besseren Gesamtergebnis führt.

Dr. rer. pol. Tobias Rust

### Rollierende Produktions- und Beschaffungsplanung in einer kooperativen Kunden-Lieferanten-Beziehung mit Quotenbezug

Produzierende Unternehmen konzentrieren sich vermehrt auf ihre Kernkompetenzen und lagern die Produktion elementarer Produktionsfaktoren an Lieferanten aus. Dazu werden häufig Rahmenverträge abgeschlossen, die für einen längeren Zeitraum die Versorgung der zu beschaffenden Produkte festlegen. Ein Quotenbezug kann dabei den Anteil einzelner Lieferanten an der Gesamtbeschaffung vertraglich fixieren.

In einer operativen Beschaffungsplanung werden vom Produzenten (Kunde) Bestellpläne festgelegt, die Interdependenzen zu den Produktionsplanungs-

domänen des Kunden und der Lieferanten besitzen und somit die Kosten aller Parteien beeinflussen. Wird ein Supply Chain Ausschnitt, bestehend aus einem Kunden und mehreren Lieferanten, betrachtet, so kann eine kostenoptimale Planung des gesamten betrachteten Planungsgegenstandes theoretisch durch eine Zentralplanung erfolgen, die alle Kosten und Interdependenzen der involvierten Planungsdomänen zugleich betrachtet. Dazu müssten die Parteien allerdings gewillt sein, sensible Daten preiszugeben.

In seiner Arbeit betrachtet und analysiert Herr Rust ein ganzheitliches Szenario, in dem eine rollierende Grob- und Feinplanung sowohl aus Kunden- als auch aus Lieferantensicht durchgeführt wird. Dabei werden einzelne Maßnahmen untersucht, deren Ziel es ist, für alle Parteien über den Horizont des Rahmenvertrags gesehen einen Vorteil gegenüber einer praxisnahen Situation zu erzielen. Dabei gilt die Annahme, dass keine sensiblen Daten ausgetauscht werden und alle Parteien egoistisch handeln und autonom planen. Diese an die Realität angelehnte Kombination von Annahmen findet sich in dieser Weise in keinem bekannten Forschungsansatz wieder. Die Bestell- bzw. Liefermengenplanung findet für alle Parteien integriert in deren Produktionsplanung statt, sodass die Interdependenzen der einzelnen, normalerweise isoliert durchgeführten Planungen berücksichtigt werden. Zudem betrachtet Herr Rust durch die Beschaffung mit Quotenbezug eine in der Realität häufig anzutreffende Beschaffungsform, die allerdings in der Forschung bislang weitgehend ignoriert wurde.

### Messen, Tagungen, Seminare

Am 21. und 22. April fand zum achten Mal das Internationale Heinz Nixdorf Symposium statt. Unter dem Titel „Changing Paradigms: Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics“ kamen Referenten aus dem In- und Ausland im Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn zusammen, um wissenschaftliche Fragestellungen und Lösungsansätze in der Produktionslogistik zu präsentieren und zu diskutieren.

Eröffnet wurde das Symposium am 21. April durch Prof. Wilhelm Dangelmaier, Veranstalter des Symposiums und Inhaber der Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insb. CIM. In seinem Vortrag „A Concept for an Accurate and Closely Coordinated Production“ wies er bereits zu Anfang auf die Notwendigkeit hin, unternehmensinterne Planungsabläufe über alle Planungsebenen hinweg zu koordinieren, um der wachsenden Produktkomplexität und den damit verbundenen steigenden Anforderungen an logistische Prozesse gerecht zu werden. Weitere, eingeladene Redner waren Dr. Albrecht Köhler von der Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH („Challenges of Lean Supply Chain Management in a Small Series“), Prof. Heinrich Flegel von der Daimler AG („Product and Process Innovations for Sustainable Mobility“). Mit dem Titel „Process Efficiency in Global Market Supply“ führte Dr. Ekkehard Gerike die Reihe der Plenarvorträge fort. Anhand eines Beispiels der Festo AG stellte er Best Practices hinsichtlich Prozesseffizienz und -effektivität vorzustellen, durch die Festo im Jahr 2003 mit dem Logistikpreis der Bundesvereinigung Logistik (BVL) ausgezeichnet wurde. Ein weiteres exzellentes Beispiel aus der Praxis wurde von Dr. Stefan Schwinning in seinem Vortrag „Sustainable Logistics Processes at Miele to Supply International Markets“ gegeben. Gemäß dem Konferenztitel „Changing Paradigms“ wies Prof. Werner Delfmann

(Universität zu Köln) in seinem Vortrag auf neue Wege entgegen den Trends der letzten Jahre – geprägt durch immer schnellere und komplexere Prozessabfolgen – hin. Im Fokus standen die Begriffe der Entschleunigung, der Entkopplung und der Vertiefung als bedeutende Schlüsselemente. Einen für diesen Konferenztag neuen Blick auf die Supply Chain Prozesse ermöglichte der Vortrag von Prof. Wolfgang Stölzle (Universität St. Gallen, Schweiz). Ihm war es wichtig – insbesondere in wirtschaftlich schwierigeren Zeiten – die Möglichkeiten von Supply Chain Initiativen aufzuzeigen und Alternativen zu bisher verwendeten Supply Chain Modellen zu finden. In den Vorträgen von Prof. Michael Schenk (Fraunhofer IFF und Lehrstuhlinhaber an der Universität Magdeburg) und Prof. Wilfried Sihm (Fraunhofer Austria Research GmbH und Lehrstuhlinhaber an der TU Wien) stand die Anwendung von Simulationstechniken zur Handhabung von Logistiksystemen im Vordergrund. Mit seinem Vortrag „The Influence of Structural Changes on the Automotive Supply Chain“ beendete Dr. Götz Klink (A.T. Kearney GmbH) das Konferenzprogramm des ersten Tages.

Um dem inhaltlichen Programm der Veranstaltung gerecht zu werden, wurde der erste Konferenztag durch eine Abendveranstaltung in der Manufaktur des ostwestfälischen Sportwagenherstellers ARTEGA abgerundet.

Der 22. April begann, wie der erste Konferenztag auch, mit Plenarvorträgen geladener Redner. Den Anfang machte Prof. Egon Müller (Technische Universität Chemnitz) mit seinem Vortrag „Building Blocks as an Approach for the Planning of Adaptable Production Systems“. Prof. Gert Zülch (Karlsruher Institut für Technologie) gab mit seinem Vortrag „Challenges for the Provision of Process Data for the Virtual Factory“ einen Einblick in die Forschungstätigkeit seines Instituts (ifab). Prof. Dirk Van Oudheusden (Katholieke Universiteit Leuven, Belgien) demonstrierte an einem Praxisbeispiel die Anwendbarkeit von Operations Research (OR) in der metallverarbeitenden Industrie, während Prof. Jacek Zak (Poznan University, Polen) entsprechende OR-Methoden zur Restrukturierung von bestehenden Distributionsnetzwerken nutzte.

Den letzten Vortrag im Plenum gab Dr. Alexander Blecken (Heinz Nixdorf Institut). Er wies in seinem Vortrag auf die Bedeutung logistischer Prozesse im Rahmen humanitärer Prozesse hin.

Im Anschluss an die Plenarvorträge konnten die Teilnehmer in vier parallelen Sessions zu den Bereichen Supply Chain Management, Produktionslogistik, Arbeitswirtschaft, Operations Research und Simulation Vorträge hören und diskutieren. Zwischen den einzelnen Vortragsblöcken hatten die Teilnehmer Gelegenheit mit den Referenten ins Gespräch zu kommen und neue Kontakte zu knüpfen.

Die Resonanz der über 200 Teilnehmer hat erneut verdeutlicht, wie wichtig es ist, sich intensiv mit Problemen und Fragestellungen zu logistischen Systemen zu befassen, um auch zukünftig unternehmerisch erfolgreich zu sein. Hier zeigt sich die Bedeutung der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis, was durch die Beiträge der insgesamt 47 Referenten nochmals bestärkt wurde. In dieser Kooperation verbirgt sich ein Potential, das genutzt werden muss, um den kommenden Herausforderungen begegnen zu können.

### Weitere Funktionen

- Mitglied im wissenschaftlichen Beirat des Bundesverbandes Logistik (BVL)
- Mitglied von acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

### Spin-Offs

#### Netskill AG

Die NetSkill AG ist seit 2000 Inhaber und Betreiber von [www.Competence-Site.de](http://www.Competence-Site.de). Die Competence-Site ist eines der führenden Kompetenz-Netzwerke im deutschsprachigen Raum für Fragestellungen aus den Bereichen Management, IT, Produktion, Logistik, Finanzen, Immobilien und Recht. Unser Themenspektrum wächst kontinuierlich. [www.competence-site.de](http://www.competence-site.de)

#### reRequire consultants GmbH

Die reRequire consultants GmbH aus Paderborn ist ein Beratungshaus für kleine und mittlere Produktionsunternehmen mit Sitz in Ostwestfalen-Lippe. Mit spezifischen Dienstleistungen unterstützt reRequire bei der Optimierung von Materialflussprozessen, Logistikprozessen und Produktionsprozessen sowie bei der Erreichung einer optimalen Kostenkontrolle und –Transparenz im Auftragsdurchlauf. [www.require-consultants.de](http://www.require-consultants.de)

#### Taktiq GmbH & Co KG

Motiviert durch die Beobachtung, dass heutige Produktionssysteme immer komplexer und schwerer planbar werden, wurde die TAKTIQ GmbH & Co. KG als Ausgründung der Universität Paderborn ins Leben gerufen. Als Spezialisten für innovative Planungs- und Analyseverfahren machen wir diese zunehmende Komplexität in Produktions- und Logistiksystemen beherrschbar. Dabei greifen wir auf moderne und wissenschaftlich fundierte Methoden zurück, um Kosten zu senken, Kapazitäten zu schaffen und Produktionsabläufe robust und transparent zu gestalten. Die andauernde Kooperation mit dem Heinz Nixdorf Institut sichert für unsere Kunden den Einsatz von Methoden und Konzepten auf dem aktuellen Stand der Technik. [www.taktiq.de](http://www.taktiq.de)

### 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

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): SFB 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 Umwelt-

bedingungen 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 Material-flusssimulationen in virtuellen Umgebungen, Datenstrukturen, Rendering- und Approximationsalgorithmen zur Darstellung virtueller, geometrischer 3D-Szenen“*

*DFG-Projekt MMeAs „Modellbasierte Methoden zur echtzeitnahen Adaption und Steuerung von Distributionssystemen“*

Für die Leistungserstellung in Distributionsnetzwerken wird die immer weiter voranschreitende Dynamisierung der Märkte und Marktbedarfe die Herausforderung der nächsten Jahre sein. Dieser kann nur mit einer Dynamisierung der Prozesse und Strukturen mittels einer Adaption an die Absatz- und Bezugsmöglichkeiten begegnet werden. Die daraus resultierenden Anforderungen können mit Gestaltungs-, Planungs- und Steuerungsverfahren, die vorzugsweise auf statische Verhältnisse ausgerichtet sind, nur unzureichend erfüllt werden. Zu dieser Problematik soll auf zwei Ebenen geforscht werden. Auf der Ebene der Netzwerkadaptivität soll eine modellbasierte Methode zur belastungsorientierten Adaption von Distributionssystemen entwickelt werden, die den situativ gestellten Anforderungen mit einer dynamischen Anpassung des Systems begegnet. Dazu werden ein Modellierungs- und Bewertungsrahmen sowie simulationsbasierte Methoden zur Entscheidungsunterstützung entwickelt. Der Forschungsschwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung von modellbasierten Methoden, die es erlauben sowohl Strukturen, Prozesse und Ressourcen zu Stellhebeln der Adaptivität zu machen. Auf der Steuerungsebene soll für den einzelnen Distributionsknoten eine wissensbasierte Methode zur ereignisorientierten und adaptiven Steuerung des intralogistischen Materialflusses erarbeitet werden. Methodischer Ansatz zur Erreichung dieses Ziels ist ein simulationsbasiertes Verfahren, das einerseits die Systemmerkmale und Steuerungsregeln weiter aufschlüsselt, um in Steuerungssituationen differenzierter und vor allem vorausschauend reagieren zu können, und andererseits eine wissensbasierte Regelauswahlmethodik mit systemweiten Merkmalen trainiert, um eine dynamische / ereignisbezogene Regelauswahl zu ermöglichen.

*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. G. Weigert

TU Wien,  
Prof. Dr.-Ing. W. Sihn

# Fachgruppe Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

## Publikationen

- Bauer, W.; Gausemeier, J.; Kokoschka, M.; Köster, O.; Lindemann, U.; Petermann, M.; Schenkl, S.: Präventiven Produktschutz betreiben. *Konstruktion – Zeitschrift für Produktentwicklung und Ingenieurwerkstoffe*, 9. September 2010
- Berssenbrügge, J.; Kreft, S.; Gausemeier, J.: Virtual Prototyping of an Advanced Leveling Light System Using a Virtual Reality-Based Night Drive Simulator. *Journal of ASME Computing and Information Science in Engineering*. Vol. 10, Juni 2010
- Brandis, R.; Dorociak, R.; Terfloth, A.: Software-unterstützte Modellierung der Prinziplösung – ein neuer Ansatz für eine integrative Produkt- und Produktionssystementwicklung. In: *ProduktDatenJournal*, Ausgabe 2/2010, ProSTEP iVIP e.V., Darmstadt, 2010
- Donoth, J.; Kleinjohann, B.; Adelt, P. (Eds.): Self-X in Engineering. 2nd Workshop on “Self-X in Engineering” within the 33rd Annual German Conference on Artificial Intelligence (KI 2010), September 24, 2010, Karlsruher Institut für Technologie, Monsenstein und Vannerdat, Münster, 2010
- Dumitrescu, R.; Anacker, H.; Gausemeier, J.: Specification of Solution Patterns for the Conceptual Design of Advanced Mechatronic Systems. In: *Proceedings of the 2010 International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME2010)*, 2. – 5. Dezember, Shah Alam, Malaysia, 2010
- Dumitrescu, R., Gausemeier, J.; Kahl, S.: Tool-Based Approach for the Development of Self-Optimizing Systems with Solution Patterns. In: *Proceedings of IDETC/CIE 2010 ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*, 15. – 18. August, 2010, Montreal, Quebec, Kanada, 2010
- Dumitrescu, R.; Kahl, S.: DeePView (Development Process Viewer) – a Tool for the Interactive Visualization of Product Development Processes In: *Proceedings of the 1st International Conference on Modelling and Management of Engineering Processes (MMEP2010)*. Cambridge, England, 19. – 20. Juli, 2010
- Gausemeier, J. (Hrsg.): Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Carl Hanser Verlag, München, 2010
- Gausemeier, J. (Hrsg.): Innovationen gegen Produktpiraterie – Produktschutz kompakt. Hans Gieselermann Druck und Medienhaus, Bielefeld, 2010
- Gausemeier, J.: Udenkbares Denken. *Harvard Business Manager*, Oktober 2010
- Gausemeier, J.; Bauer, F.; Dettmer, D.; Reyes.-Perez., M.: Planning of Manufacturing Processes for Graded Components. In: *Proceedings of 1st International Conference on Product Property Prediction*, 12. – 13. April, 2010, Dortmund
- Gausemeier, J.; Christiansen, S.-K.: Klassifikation von Reifegradmodellen. *ZWF Jahrg. 105 (2010) 4*
- Gausemeier, J.; Brandis, R.; Kaiser, L.: Auswahl von Montageverfahren auf Basis der Produktkonzeption. In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18. – 19. März 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, Paderborn, 2010
- Entwurf mechatronischer Systeme, 18. – 19. März 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, Paderborn, 2010
- Gausemeier, J.; Brandis, R.; Reyes-Perez, M.: A Specification Technique for the Integrative Conceptual Design of Mechatronic Products and Production Systems. In: *Proceedings of the Design 2010, 11th International Design Conference*, Dubrovnik, Kroatien, 17. – 20. Mai, 2010
- Gausemeier, J.; Brink, V.; Buschjost, O.: Die Innovationsdatenbank. In: Gundlach, C.; Glanz, A.; Gutsche, J. (Hrsg.): *Die frühe Innovationsphase – Methoden und Strategien für die Vorentwicklung*. Symposium Publishing GmbH, Düsseldorf, 2010
- Gausemeier, J.; Broekelmann, J.; Dettmer, D.: Voxel-Based Component Description for Functional Graded Parts. In: Ao, S.-I.; Gelman, L. (Eds.): *Electronic Engineering and Computing Technology. Lecture Notes in Electrical Engineering*, Volume 60, Springer Verlag, 2010
- Gausemeier, J.; Donoth, J.; Dumitrescu, R.; Trächtler, A.; Reinold, P.: Self-Optimization – An Approach for Intelligent Mechatronics Exemplified by an X-by-wire Vehicle. In: *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2010*, Osaka, Japan, 13. – 16. Juli, 2010
- Gausemeier, J.; Dorociak, R.; Kaiser, L.: Computer-Aided Modeling of the Principle Solution of Mechatronic Systems: A Domain-Spanning Methodology for the Conceptual Design of Mechatronic Systems. In: *Proceedings of IDETC/CIE 2010 ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*, 15. – 18. August, 2010, Montreal, Quebec, Canada, 2010
- Gausemeier, J.; Dorociak, R.; Nyssen, A.: The Mechatronic Modeller: A Software Tool for Computer-Aided Modeling of the Principle Solution of an Advanced Mechatronic System. In: *Proceedings of 11th International Workshop on Research and Education in Mechatronics*, 9. – 10. September 2010, Ostrava, Tschechien
- Gausemeier, J.; Dorociak, R.; Pook, S.; Nyssen, A.; TERFLOTH, A.: Computer-Aided Cross-Domain Modeling of Mechatronic Systems. In: *Proceedings of the Design 2010, 11th International Design Conference*, Dubrovnik, Croatia, 17. – 20. Mai, 2010
- Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Gaukster, T.: Chancen der Technologie MID erkennen und nutzen. *PLUS 2/2010*
- Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Kahl, S.; Nordsiek, D.: Integrative Development of Product and Production System for Mechatronic Products. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2010*, California State University East Bay, USA, 2010
- Gausemeier, J.; Gaukster, T.; Dumitrescu, R.: Potential assessment and integrative development of MID-parts. In: *Proceedings of 9th International Congress Molded Inter-connect Devices*, Fürth, 29. September 2010
- Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): *Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung*. 9. Paderborner Workshop, 10. – 11. Juni 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 274, Paderborn, 2010
- Gausemeier, J.; Kahl, S.: Architecture and Design Methodology of Self-Optimizing Mechatronic Systems. In: Milella, A.; Di Paola, D.; Cicirelli, G. (Hrsg.): *Mechatronic Systems, Simulation, Modeling and Control*, InTech, Vukovar, 2010
- Gausemeier, J.; Kahl, S.; Radkowski, R.: Selbstoptimierende Produkte – neue Perspektiven zur Steigerung der Energieeffizienz. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): 1. Internationales Kolloquium des Spitzentechnologieclusters eniPROD, 24. – 25. Juni 2010, Chemnitz
- Gausemeier, J.; Kaiser, L.; Pook, S.; Nyssen, A.; Terfloth, A.: Rechnerunterstützte Modellierung der Prinziplösung mechatronischer Systeme. In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18. – 19. März 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, Paderborn, 2010
- Gausemeier, J.; Kespohl, H. D.; Reymann, F.: Strategiebasierte Steigerung der Innovationskraft von Unternehmen. *ZWF Jahrg. 105 (2010) 7 – 8*
- Gausemeier, J.; Kokoschka, M.; Köster, O.: Conlmit – Informations-, Kommunikations- und Kooperationsplattform für präventiven Schutz vor Produktpiraterie. In: *10. Karlsruher Arbeitsgespräche Produktionsforschung 2010*, 9. – 10. März 2010, Karlsruhe, 2010
- Gausemeier, J.; Kokoschka, M.; Köster, O.; Lindemann, U.; Petermann, M.; Schenkl, S.: Produktpiraterie - Bedrohung für Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit. In: *ZwF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, *ZwF Jahrg. 105 (2010) 5*
- Gausemeier, J.; Kokoschka, M.; Lehner, M.: Bibliometrics in Technology Planning. In: *Proceedings of IAMOT 2010, 19th International Conference for the International Association of Management of Technology*, 8. – 11. März, 2010, Kairo, Ägypten
- Gausemeier, J.; Lehner, M.: Markt- und Umfeldszenarien der Medizintechnik: Anforderungen an die Produkte und Dienstleistungen von morgen. In: *Proceedings of Heinz Nixdorf Symposium m3: microelectronic meets medicine – Bioelektronische Diagnose und Therapiesysteme*, München, 12. – 13. Oktober 2010
- Gausemeier, J.; Rammig, F.; Radkowski, R.; Rupp, A.; Müller, W.: Virtual and Augmented Reality for Systematic Testing of Self-Optimizing Systems. In: *Proceedings of the Design 2010, 11th International Design Conference*, Dubrovnik, Kroatien, 17. – 20. Mai, 2010
- Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18. – 19. März 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, Paderborn, 2010
- Günther, T.; Brandis, R.; Nordsiek, D.; Peters, S.; Rühl, J.: Frühzeitige und qualifizierte Kostenprognose für Produktionssysteme – Praxisbeispiel anhand einer mechatronischen Baugruppe. In: *Projekträger Karlsruhe (PTKA) (Hrsg.): 10. Karlsruher Arbeitsgespräche Produktionsforschung 2010*

– Produktion in Deutschland hat Zukunft. 9. – 10. März 2010, Karlsruhe, 2010

Kahl, S.; Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.: Interactive Visualization of Development Processes in Mechatronic Engineering. In: Heisig, P.; Clarkson, J. P.; Vajna, S. (Eds.): Modelling and Management of Engineering Processes. Springer Verlag, 2010

Kreft, S.; Gausemeier, Berssenbrügge, J.; Lorenz, W.; Trächtler, A.: Integration eines voll-aktiven X-by-wire Versuchsfahrzeugs in eine VR-basierte Simulationsumgebung. In: Gausemeier, J.; Grafe, M. (Hrsg.): Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung. 9. Paderborner Workshop, 10. – 11. Juni 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 274, Paderborn, 2010

Kreft, S.; Lorenz, W.; Berssenbrügge, J.; Gausemeier, J.; Trächtler, A.: A VRbased Prototyping and Demonstration Platform Integrating a fully active X-By-Wire Electrical Test Vehicle. In: Proceedings of IDETC/CIE 2010 ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, 15. – 18. August, 2010, Montreal, Quebec, Kanada, 2010

Nordsiek, D.; Gausemeier, J.; Lanzs, G.; Peters, S.: Early Evaluation of Manufacturing Costs within an Integrative Design of Product and Production System. In: Proceedings of APMS 2010 International Conference Advances in Production Management Systems, 11. – 13. Oktober 2010, Cernobbio, Como, Italien, 2010

Radkowski, R.; Waßmann, H.: Software-Agent Supported Virtual Experimental Environment for Virtual Prototypes of Mechatronic Systems. In: Proceedings of the ASME World Conference on Innovative Virtual Reality WINVR 2010, 12. – 14. Mai 2010, Ames, Iowa, USA, 2010

Sondermann-Wölke, C.; Hemsel, T.; Sextro, W.; Gausemeier, J.; Pook, S.: Guideline for the Dependability-oriented Design of Self-optimizing Systems. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2010, Osaka, Japan, 13. – 16. Juli, 2010

Stoll, K.; Gausemeier, J.; Reymann, F., S.; Gausemeier, J.: Methodische Planung und Konzipierung von kundenspezifischen Sach- und Dienstleistungen. *Wt Werkstattstechnik online Jahrgang 100 (2008) Heft 9*, 2010

Waßmann, H.; Radkowski, R.: Konzept zur automatischen Integration von Zeichnungen und CAD-Modellen aus dem Design- und Konstruktions-Prozess technischer Produkte. In: Tagungsband der 13. IFF-Wissenschaftstage, Digitales Engineering und Virtuelle Techniken zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, 15. – 17. Juni 2010, Magdeburg, 2010

Zimmermann, S.; Köster, O.: Produktschutz live. In: Intelligenter Produzieren, Ausgabe 2/2010, Frankfurt am Main, 2010

## Promotionen

Volker Brink

### Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien

Voraussetzung für Spitzenpositionen im internationalen Wettbewerb sind effektive und effiziente Innovationsprozesse. Durch Unzulänglichkeiten im Technologie- und Innovationsmanagement sind viele Unternehmen derzeit nicht in der Lage, eine Spitzenposition einzunehmen. So werden sie den dynamischen Marktanforderungen nicht gerecht und verpassen gleichzeitig die Chancen aus der technologischen Entwicklung. Eine Analyse des Standes der Technik hat ergeben, dass die Ursache für die beobachteten Unzulänglichkeiten vorrangig in einem Mangel an geeigneten methodischen Ansätzen zur Entwicklung aufeinander abgestimmter Produkt- und Technologiestrategien liegt. Hier setzt diese Arbeit an. Das Verfahren erstreckt sich von der Potentialfindung und der damit verbundenen Definition einer Innovationsaufgabe über die Bildung von Kundensegmenten und die Entwicklung so genannter Produkt-Technologie-Cluster bis hin zur konsistenten Produkt- und Technologiestrategie. In weiten Teilen wird das Verfahren von einem Wissensmanagementsystem unterstützt, der zu diesem Zweck weiterentwickelten Innovations-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts. Durch die Validierung des Verfahrens unter anderem in einem Industrieprojekt in der elektrischen Aufbau- und Verbindungstechnik konnte der Nachweis erbracht werden, dass das entwickelte Verfahren die daran gestellten Anforderungen erfüllt.

Andreas Warkentin

### Systematik zur funktionsorientierten Modellierung von Elektrik/Elektronik-Systemen über den Produktlebenszyklus

In den letzten Jahren wird die Evolution moderner Fahrzeuge durch den zunehmenden Einsatz von Elektrik/Elektronik-Systemen geprägt. Um die damit einhergehende Komplexität zu beherrschen, rücken vermehrt die Funktionen eines Produkts in den Fokus der Hersteller.

Vor diesem Hintergrund wurde in dieser Arbeit eine Systematik zur funktionsorientierten Modellierung von E/E-Systemen erarbeitet. Das entsprechende Produktmodell soll die Basis zur Lösung von Aufgaben nach der Produktentwicklung wie beispielsweise in der Prüfplanung bilden. Den ersten Teil der Systematik bildet die Erstellung eines funktionsorientierten Produktmodells. Dies umfasst eine anwenderorientierte, eine logische und eine technische Ebene. Dieses Produktmodell dient als Ausgangsbasis für den zweiten Teil der Systematik: ein Verfahren zur Definition eines bedarfspezifischen Produktmodells zur Lösung einer spezifischen Aufgabe wie die Prüfplanung. Dies beinhaltet auch die Ermittlung des Nutzens und des Aufwandes eines derartigen Ansatzes.

Im Dezember 2010 promovieren Roman Dumitrescu, Sebastian Pook und Mariana Reyes Perez.

## Messen, Tagungen, Seminare

### Innovationswerkstatt 2010 – Strategische Produktplanung praktizieren

Die Innovationswerkstatt 2010 fand am Heinz Nixdorf Institut statt. 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Industrie erarbeiteten dabei Konzepte für den Akkuschraber der Zukunft. Die Teilnehmer

begrüßten die Kombination aus Vorträgen und praktischer Arbeit in Workshops.

10. – 11. Februar 2010, Paderborn

### Seminarreihe „Virtual Prototyping und Simulation“

In Kooperation mit dem OWL ViProSim e.V. wurden im Laufe des Jahres sieben Industrie-seminare zum Einsatz von Methoden und Werkzeugen des Virtual Prototyping und der Simulation im industriellen Produktentstehungsprozess durchgeführt. Themenschwerpunkte waren PDM/PLM, Digital MockUp, Mechatronikentwicklung, Roboter-Offline-Programmierung sowie Werkzeug- und Formenbau.

10. März, 25. Juni, 9. Juli, 1. Oktober, 29. Oktober, 11. November, 26. November, 9. Dezember 2010, Heinz Nixdorf Institut/Heinz Nixdorf MuseumsForum

### 10. Karlsruher Arbeitsgespräche Produktionsforschung 2010

Zu den diesjährigen Karlsruher Arbeitsgesprächen trafen sich über 600 Teilnehmer aus Industrie und Wissenschaft, um aktuelle Ergebnisse und Herausforderungen der Produktionsforschung zu diskutieren. Der Kongress wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) veranstaltet und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) organisiert. Unter dem Motto „Produktion in Deutschland hat Zukunft“ wurde die Kernfrage thematisiert: „Vor welchen Herausforderungen steht die Produktion und Produktionsforschung in der nächsten Dekade“. Hierbei wurde diskutiert, welche Forschungsarbeiten zur Standortsicherung deutscher Unternehmen im produzierenden Gewerbe gezielt anzugehen sind und damit verbunden, welcher Forschungsbedarf sich aus den Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie und damit für die Gesellschaft ergibt. Die Fachgruppe stellte das Transferprojekt Conlmit (Contra Imitatio) mit einem Fachvortrag und einem Messestand dem Fachpublikum vor. 9. – 10. März 2010, Kongresszentrum Karlsruhe, Karlsruhe

### Seminar: Maßnahmen gegen Produktpiraterie jenseits des Rechtsschutzes

In Kooperation mit dem VDI Wissensforum stellt die Transfermaßnahme Conlmit (Contra Imitatio) anhand von Praxisbeispielen die Grenzen der juristischen Maßnahmen im Kampf gegen Produktpiraterie vor und zeigt auf, wie diese zusammen mit technischen und organisatorischen Maßnahmen zu wirksamen Schutzkonzepten kombiniert werden können. Zusammen mit anderen Betroffenen werden Faktoren erarbeitet, die Produktpiraterie begünstigen, woraus sich Hinweise auf die Gefährdungssituation ableiten lassen. Anhand von realen Fallstudien wird vorgestellt, wie Unternehmen technische und organisatorische Schutzkonzepte gegen Produktpiraterie eingeführt haben.

15. März 2010, Aschheim bei München  
12. Juli 2010, Stuttgart

8. November 2010, Düsseldorf

### 7. Paderborner Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“

Am 18. und 19. März 2010 wurde der Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“ bereits zum siebten Mal erfolgreich durchgeführt. Der Workshop bietet traditionell eine Diskussionsplattform für Ingenieure aller Fachdisziplinen aus Forschung und Industrie. Rund 130 Fachleute aus Wirtschaft und Wissenschaft nutzten die Veranstaltung, um sich über die neuesten Entwicklungen und aktuelle Trends in der Mechatronik zu informieren. Themenschwerpunkte der Veranstaltung waren Entwicklungsprozesse, Fertigungs- und Montagetechniken,

Regelungstechnik sowie Methoden und Software-Werkzeuge. Ergänzend dazu wurde die Integration von Produktentwicklung und Fertigungssystementwicklung thematisiert.

18. – 19. März 2010, Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn

#### Hannover Messe 2010

Neun internationale Leitmesse und 4.800 Aussteller aus 64 Ländern waren auf der Hannover Messe 2010 vertreten. Seit über 60 Jahren ist sie der führende Marktplatz für wegweisende Technologien, Werkstoffe und Ideen. Schwerpunkt der diesjährigen Veranstaltung waren die Themen Energie, Mobilität, Automation und industrielle Zulieferung. Messepartnerland war Italien. Die mehr als 150.000 Besucher haben einen branchenübergreifenden Einblick erfahren. Die Fachgruppe organisierte in der Halle 17 einen Gemeinschaftsstand Produktschutz, auf dem sich die zehn Verbundprojekte der BMBF-Forschungsoffensive „Innovationen gegen Produktpiraterie“, die Transfermaßnahme Conlmit und elf Herstellern von bereits am Markt befindlichen Produktschutzlösungen präsentierten. Die Region OstWestfalenLippe war mit dem Gemeinschaftsstand „Hochleistungsregion OWL“ vertreten. Als Teil dieses Ensembles präsentierte die Fachgruppe den am Heinz Nixdorf Institut entwickelten Miniaturroboter, das BMBF-geförderte Transferprojekt „Beispielhaftes Transferprojekt Mechatronik“ und war Ansprechpartner für alle Fragen rund um die „Zukunftsmesse Fürstenallee“.

19. – 23. April 2010, Messegelände, Hannover

#### Infotag Produktschutz: Prävention 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. Auf dem von der Transfermaßnahme Conlmit (Contra Imitatio) organisierten Infotag zeigten zwei der zehn vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb der Forschungsoffensive „Innovationen gegen Produktpiraterie“ geförderten Projekte Lösungen für die Investitionsgüterindustrie. Ergänzend stellten zwei Technologieanbieter ihre bereits am Markt verfügbaren Schutzlösungen vor. 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.

20. April 2010, Messegelände/Pavillon 36, Hannover

#### 9. 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.

10. – 11. Juni 2010, Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn

#### Regionaler Erfahrungsaustausch: Innovationen gegen Produktpiraterie

In Kooperation mit dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) organisiert die Transfermaßnahme 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.

15. Juni 2010, Erfa Ost, Schleusingen

#### Paderborner Wissenschaftstage

Erstmals fanden 2010 die „Paderborner Wissenschaftstage“ statt. Im Heinz Nixdorf MuseumsForum wurden Schulklassen unter dem Motto „Abenteuer Forschung“ Experimente, Demonstratoren und Vorträge geboten, die sie für Naturwissenschaften und Technik begeistern sollten. Die Fachgruppe war mit dem Miniroboter BeBot und mehreren Vorträgen an allen Tagen aktiv beteiligt.

3. – 7. Juli 2010, Paderborn

#### acatech Workshop „Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland“

Am 14. September 2010 fand im Produktionstechnischen Zentrum Hannover (PZH) der acatech Workshop „Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland“ statt. Ziel war, die beim acatech Round Table am 2. März 2010 angestoßene Debatte zu dem Thema fortzuführen und weitere Antworten auf Fragen wie „Welche Zukunft hat die produzierende Industrie in Deutschland?“ und „Wie könnten ein Zukunftsentwurf, eine Vision und ein Leitbild der industriellen Produktion in Deutschland für die nächsten 20 Jahre aussehen?“ zu finden. Der Workshop wurde von Prof. H.-P. Wiendahl und Prof. J. Gausemeier moderiert. Die Arbeitsgruppe „Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland“ hat durch den Workshop wichtige Impulse für ihre weitere Arbeit an einer Leitlinie für die zukünftige Gestaltung der Produktion in Deutschland erhalten.

14. September 2010, PHZ, Hannover

#### 4. VPS-Fachtagung „Virtual Prototyping & Simulation in der Praxis“

Zur jährlichen Fachtagung des Kompetenznetzwerks OWL ViProSim e.V. trafen sich über 70 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.

14. September 2010, Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn

#### VDMA Erfahrungsaustausch „Zuverlässigere mechatronische Systeme“

Am 15. September 2010 haben das Heinz Nixdorf Institut und der VDMA im Rahmen des Projekts TransMechatronic in Düsseldorf einen Erfahrungsaustausch mit zahlreichen Industrievertretern durchgeführt. Im Mittelpunkt stand die Vorstellung der Ergebnisse des Verbundprojekts „Instrumentarium für die frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse“ (InZuMech).

15. September 2010, Düsseldorf

#### 9. Internationaler MID-Kongress

Der 9. internationale Molded Interconnect Devices 2010 ist die weltweit größte Veranstaltung zum Thema MID und bildet so ein international anerkanntes Portal zum Erfahrungsaustausch im Bereich räumlich spritzgegossener Schaltungsträgern. Dieses Jahr standen insbesondere die zahlreichen Serienanwendungen im Vordergrund. Die Fachgruppe war mit einem Fachvortrag vertreten und stellte den am Heinz Nixdorf Institut entwickelten autonomen Miniatur-

roboter vor. Das Gehäuse des Miniaturroboters stellt derzeit das komplexeste MID-Bauteil der Welt dar.

29. – 30. September 2010, Nürnberg-Fürth

#### 6. 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 Technologieplanung 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.

28. – 29. Oktober 2010, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin

#### 3. Symposium „Mensch, Raum und virtuelle Realität“

Das jährlich stattfindende Symposium „Mensch und Raum“ der Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur richtete in seiner dritten Ausgabe den Fokus auf virtuelle Realität. Hochrangige Referenten aus unterschiedlichsten Disziplinen wie Kunst, Soziologie, Architektur oder Computergraphik präsentierten den etwa 100 Teilnehmern aktuelle Arbeiten im Spannungsfeld zwischen Realität und virtueller Realität. Die Fachgruppe stellte auf Einladung aktuelle Arbeiten im Bereich Virtual Engineering aus.

28. – 29. Oktober 2010, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Detmold

#### Forum Maschinenbau FMB 2010

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 sowie den VPS-QuickCheck vor.

3. – 5. November 2010, Bad Salzuflen

#### Schülerlabor cool.MINT

Das Schülerlabor cool.MINT bietet interdisziplinäre Experimentierkurse, um Schüler für die Themenfelder Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) zu begeistern. Beitrag der Fachgruppe sind die Module „Alles Luft“ zur Industrieautomatisierung sowie der Cyberclassroom, ein virtuelles Klassenzimmer auf Basis der VR-Technologie.

8. November 2010, Heinz Nixdorf MuseumsForum

#### Hybridica 2010

Die Hybridica ist eine internationale Fachmesse zur Entwicklung und Herstellung hybrider Bauteile. Auf der Hybridica 2010 wurden insbesondere innovative Materialverbindungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette gezeigt und Themen und Trends der Märkte beleuchtet. Die Fachgruppe stellte auf der Hybridica 2010 den am Heinz Nixdorf Institut entwickelten Miniaturroboter im Rahmen des Gemeinschaftsstands des 3D MID e.V. vor. Der Roboter ist ein Paradebeispiel für die Integration von elektronischen Funktionsträgern in ein spritzgegossenes Gehäuse.

9. – 12. November 2010, München

#### Innovationen gegen Produktpiraterie

Die Bedrohung der deutschen Investitionsgüterindustrie durch Produktpiraterie nimmt stetig zu. Seit Januar 2008 fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Forschungsoffensive „Innovationen gegen Produktpiraterie“ zehn Verbundforschungsprojekte sowie die

begleitende Transfermaßnahme ConImit (Contra Imitatio). Die Forschungsprojekte stellten ihre erarbeiteten Lösungen zum Produktschutz vor und demonstrierten Ihre innovativen Produktschutzlösungen anhand von Demonstratoren und Exponaten. Eine begleitende Fachausstellung informierte über existierende Initiativen und bot die Möglichkeit des Erfahrungsaustausches. Über 300 Vertreter aus Industrie, Forschung und Politik nahmen das Angebot an.  
*16. November 2010, Haus der Deutschen Wirtschaft, Berlin*

#### Berliner Kreis Jahrestagung

Die Jahrestagung des Berliner Kreises — Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung e.V., fand am 19. November 2010 in Luxemburg statt. Nach interessanten Vorträgen und Workshops stand am Nachmittag der Jahrestagung eine exklusive Werksbesichtigung der SES S.A. in Betzdorf auf dem Programm. Im Rahmen der Jahrestagung tauschen sich Führungspersonlichkeiten aus der Industrie und Vertreter der Mitgliedsinstitute des Berliner Kreises über neueste Entwicklungen im Zusammenhang mit dem Produktentstehungsprozess aus.  
*19. November 2010, Luxemburg*

#### Patente, Preise, Auszeichnungen

##### Preisträger des Wettbewerbs „Automotive+Produktion.NRW“

Die Projektidee „Test- und Trainingssystem für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme (TRAFFIS)“ ist eine der 19 prämierten Projektideen des Förderwettbewerbs „Automotive+Produktion.NRW“, in dem die besten Ideen für die Zukunftsfelder der Automobil- und Produktionstechnik gesucht wurden. Gemeinsam mit 5 Industriepartnern aus NRW wird ein neuartiger Fahrersimulator für die Analyse kamerabasierter Fahrerassistenzsysteme entwickelt.

##### Best Paper Awards bei der 20th CIRP Design Conference, Nantes

Bei der diesjährigen Design Konferenz der CIRP (College International Pour La Recherche En Productique) in Nantes (Frankreich) gewann Dr. Rafael Radkowski den Best Paper Award für den Beitrag „Towards Semantic Virtual Prototypes for the Automatic Model Combination“.

##### CIE Award, Montreal

Bei der diesjährigen Konferenz „Computers and Information in Engineering“ (CIE) der ASME (American Society of Mechanical Engineers) in Montreal (Quebec, Kanada) wurde Dr.-Ing. Jan Berssenbrügge für seine Verdienste als Vorsitzender des Technical Committee „Virtual Environments and Systems“ von 2006 bis 2009 mit dem CIE Award ausgezeichnet.

#### Weitere Funktionen

- Sprecher des 2002 eingerichteten Sonderforschungsbereiches 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“
- 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
- Mitglied des Wissenschaftsrates

#### Spin-Offs

##### 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>

##### 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>

##### 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>

##### Smart Mechatronics GmbH

Die Smart Mechatronics GmbH ist spezialisiert auf Entwicklungsdienstleistungen in den Bereichen Mechatronik, Elektronik und eingebettete Systeme. Als Spin-Off Unternehmen der UNITY, des Heinz Nixdorf Instituts der Universität Paderborn und der Fachhochschule Dortmund verfügt die Smart Mechatronics GmbH über einen exzellenten Background. Als Mechatronik-Dienstleister steht Smart Mechatronics für innovatives Ingenieurwissen, selbstständiges Arbeiten, Zuverlässigkeit und Domanenintegration in der Entwurfs- und Realisierungsphase von Entwicklungsprojekten für mechatronische Systeme.  
<http://www.smartmechatronics.de/>

##### UNITY AG

Die UNITY ist eine Managementberatung für Strategien, Prozesse, Technologien und Systeme. Wir unterstützen unsere Kunden entlang ihres Produktentstehungsprozesses, stets unter Sicherstellung hoher Produktivität und erfolgreicher Umsetzung von Veränderungsprozessen. Zu unseren Kunden zählen mittelständische Unternehmen sowie internationale Industriekonzerne. 2010 hat die UNITY die Auszeichnung TOP CONSULTANT erhalten, damit zählt sie zu den besten Managementberatungen in Deutschland.  
<http://www.unity.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. Die Fachgruppe ist an folgenden Teilprojekten maßgeblich beteiligt: TP A2: Verhaltensorientierte Selbstoptimierung; TP B2: Entwurfsmethodik; TP B3: Virtual Prototyping.

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 Virtual Prototyping und Simulation zur Analyse des RailCab; Aktualisierung der Systemstrategie  
Förderinstitutionen: 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/EU

##### 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.

##### Transferprojekt Mechatronik

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

##### 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.  
Förderinstitution: BMBF

##### ENTIME

Ziel und Wirkung des Forschungsprojekts „Entwurfstechnik intelligente Mechatronik“ (ENTIME) ist, die Innovationskraft des modernen Maschinenbaus und verwandter Branchen zu stärken: Und zwar durch eine fachgebietsintegrierende Entwurfstechnik mit besonderer Betonung der Softwaretechnik und die Nutzung semantischer Technologien für den effektiven Austausch von Lösungswissen in den Branchen-

wertschöpfungsketten. Daneben sollen die Arbeiten die Erschließung neuer Vertriebskanäle für heimische Unternehmen ermöglichen.

*Förderinstitution: Land NRW*

*SFB TR 30: Prozessintegrierte Herstellung funktional gradierter Strukturen auf Basis thermomechanisch gekoppelter Phänomene*

Das Ziel des Sonderforschungsbereichs sind neue Verfahren der Metall- und Kunststoffumformung, die eine Herstellung neuartiger Produkte ermöglichen, deren Eigenschaften sich am jeweiligen Anspruchsprofil orientieren. So genannte funktional graduierte 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. Die Fachgruppe ist am Teilprojekt D5 beteiligt. Ziel des Teilprojekts ist die Planungsunterstützung und Optimierung der Herstellungsprozesse funktional gradierter Bauteile.

*Förderinstitution: DFG*

*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 gefährdete Unternehmen bei der Realisierung von individuellen Schutzkonzeptionen gegen Produktpiraterie unterstützen.

*Förderinstitution: BMBF*

*Opportunities and Barriers of Direct Manufacturing Technologies for Aerospace Industry and adapted others (OBaMa)*

Ziel des Vorhabens ist eine Studie, die die zukünftigen Chancen, aber auch Risiken des Einsatzes von additiven Fertigungsverfahren in ausgewählten, vielversprechenden Anwenderindustrien aufzeigt. Hierzu werden mittels der Szenario-Technik Entwicklungen Erfolg versprechender Anwenderindustrien antizipiert und Vorstellungen vom Wettbewerb von Morgen entwickelt. Auf Basis dieser Zukunftsszenarien werden Chancen und Risiken für den Einsatz additiver Fertigungsverfahren und zukünftige Kundenanforderungen abgeleitet. Die strategische Planung des Einsatzes additiver Fertigungsverfahren befähigt die Anbieter dieser Technologien, mit den richtigen Produkten zur richtigen Zeit die Kundenbedürfnisse optimal zu erfüllen.

*Förderinstitutionen: Land NRW, DMRC*

*Entwicklung, Evaluation und Optimierung eines telemedizinischen Assistenzsystems zur Prävention, Diagnostik und Therapie*

Ziel des Vorhabens ist ein arbeitsfähiger Demonstrator eines telemedizinischen Assistenzsystems zur Prävention, Diagnostik und Therapie bestehend aus Sensorik, Datenübertragung und Datenverarbeitung. Mit diesem Demonstrator sollen in exemplarischen Untersuchungen an Patienten in Krankenhäusern und an Privatpersonen praktische Erfahrungen in konkreten Szenarien gewonnen werden. Ferner sollen Geschäftsmodelle vorgelegt werden, auf deren Basis der Nachweis erbracht werden kann, dass sich die skizzierten Nutzenpotentiale wirt-

schaftlich erschließen lassen und ein hochgradig ökonomischer Betrieb auf Dauer möglich ist.

*Förderinstitution: Heinz Nixdorf Stiftung*

*Analyse des Innovationsgeschehens in Deutschland*

Das Ziel ist eine prägnante, wohlfundierte Darstellung des Innovationsgeschehens in Deutschland. Diese umfasst insbesondere Aussagen über die Beurteilung des Innovationsgeschehens in einschlägigen Studien sowie über bestehende Gemeinsamkeiten und Widersprüche in der Bewertung des Innovationsgeschehens. Darüber hinaus werden Merkmale ermittelt, die in den Studien keine ausführliche Beachtung finden, für das Innovationsgeschehen aber von besonderer Relevanz sind.

*Förderinstitution: acatech*

*Vorausdenken und Bewerten von Technikzukünften*

Im Rahmen des Projekts werden Möglichkeiten und Grenzen technikbezogener Zukunftsvorstellungen ausgelotet und aus der Analyse Orientierung für einen rationalen Umgang mit ihnen erarbeitet. Dazu werden das Zustandekommen, die Bewertung von und der Umgang mit Technikzukünften analysiert. Ziel des Projekts ist ein Positionspapier, das acatech bei zukunftsorientierten Aktivitäten als Richtschnur dienen kann.

*Förderinstitution: acatech*

*EU-Projekt RPC-HVTS-DCS*

Gegenstand des Vorhabens ist die Charakterisierung des Marktes für VLF-Generatoren für die Prüfung und Diagnose von erdverlegten Hochspannungskabeln. Es werden Aussagen zu möglichen Wettbewerbern, Produktstrategien und Geschäftsmodellen getroffen. Ziel des Vorhabens ist, Chancen und Bedrohungen für das zukünftige Geschäft mit VLF-Generatoren aufzuzeigen. Es werden konkrete Handlungsempfehlungen erarbeitet, wie sich die beteiligten Unternehmen im Markt für VLF-Generatoren positionieren sollen.

*Förderinstitution: EU*

*Markt- und Wettbewerbsstrategien des MRO-Betriebs (MaWeS)*

Ziel des Projektes sind auf Grundlagen von Szenarien zur Zukunft des MRO-Betriebes im Luftfahrtumfeld entwickelte Strategien und daraus abgeleitete Maßnahmen, mit denen Erfolgspotentiale der Zukunft ausgeschöpft und möglichen Bedrohungen begegnet werden kann. Unter den sich abzeichnenden marktwirtschaftlichen und technologischen Veränderungen tragen diese Strategien zur langfristigen und nachhaltigen Sicherung der Geschäftsgrundlage von MRO-Dienstleistern und von Arbeitsplätzen bei.

*Förderinstitution: BMBF*

### Aktuelle Industriekooperationen

*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: OWL ViProSim e.V. und Unternehmen der Region OWL*

*Virtueller Design Review im Maschinen- und Anlagenbau*

Das 3D-Modell eines automatisierten Lagersystems wurde mit Hilfe der VR-Technologie visualisiert und von einem Team aus Entwicklern, Produktionstechnikern, Monteuren und Vertriebsingenieuren analysiert und optimiert.

*Partner: mittelständischer Maschinen- und Anlagenbauer der Region OWL*

*MID-Studie 2010*

Die Anzahl an MID-Serienapplikationen hat bis 2010 unerwartet stark zugenommen. Die gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik durchgeführte Studie soll klären welche Gründe diese Entwicklung hat und wie diese weiter zu forcieren ist. Zu diesem Zweck werden insbesondere MID-Applikationen untersucht und einige Referenzprojekte detailliert vorgestellt.

# Fachgruppe Informatik und Gesellschaft

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

## Publikationen

Büse, D.; Keil, R.: Lernen in und mit virtuellen Räumen. Medi@renen als Stätten der Wissensarbeit. In: Hauenschild, W., Meister, D., Schäfer, W. (Hrsg.); Hochschulentwicklung innovativ gestalten, Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V. (GMW), Waxmann Verlag, Band 53, S. 57 – 71.

Jung, H., Raupach, S., Reimann, C., Klompmaker, F., Nebe, K.: Kollaborative Interaktion mit geografischem Kartenmaterial auf Multi-Touch Displays. In: Ulrik Schroeder (Hrsg.); Proceedings der Workshops der Mensch & Computer 2010-10. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien, DeLFI 2010 – Die 8. E-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. und der Entertainment Interfaces 2010, Logos Verlag, Duisburg, September 2010.

Keil, R.; Niehus, D.; Selke, H.; Schulte, J.: Computerunterstützte koaktive Wissensarbeit. In: Risch, N. (Hrsg.); ForschungsForum Paderborn, Universität Paderborn, Band 13, Februar 2010, S. 10 – 17.

Klompmaker, F., Busch, C., Nebe, K., Bleiker, A. and Willemsen, D.: Designing A Telemedical System for Cardiac Exercise Rehabilitation. Erscheint in: Communications in Computer and Information Science (CCIS); published by Springer-Verlag.

Klompmaker, F., Nebe, K.: 2D vs. 3D: Interaktion mit Visualisierung auf großflächigen interaktiven Displays. In: Ulrik Schroeder (Hrsg.); Proceedings der Workshops der Mensch & Computer 2010-10. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien, DeLFI 2010 – Die 8. E-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. und der Entertainment Interfaces 2010, Logos Verlag, Duisburg, September 2010.

Klompmaker, F., Nebe, K.: Towards 3D Multitouch Interaction & Widgets. In: Workshop on Interaction Techniques in Real and Simulated Assistive Smart Environments at the First International Joint Conference on Ambient Intelligence; 1st International Joint Conference on Ambient Intelligence (Aml 2010), Málaga, Spanien, November 2010.

Klompmaker, F., Nebe, K., Bleiker, A., Busch, C., Willemsen, D.: User Centered Design of Patient User Interfaces for Remote Training Supervision. In: Proceedings of the Third International Conference on Health Informatics, INSTICC Press, S. 106 – 113, Valencia, Spanien, Januar 2010.

Laroque, Ch.; Schulte, J.; Urban, J.: KoProV – Ein Lehransatz zur koordinierten Projektvorlesung auf Basis von Wissensmodulen. In: Keil, R., Magenheimer, J. (Hrsg.); 4. Fachtagung „Hochschuldidaktik Informatik“ (HDI 2010), Universität Paderborn, 9. – 10. Dezember 2010.

Schäl, P., Nebe, K.: Semantik in Tagging-Systemen: Ein unterstützender Ansatz. In: Ulrik Schroeder (Hrsg.); Proceedings der Workshops der Mensch & Computer 2010-10. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien, DeLFI 2010 – Die 8. E-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. und der Entertainment Interfaces 2010, Logos Verlag, Duisburg, September 2010.

Schulte, J.; Herberling, M.; Keil, R.; Koncilia, Ch.; Eder, J.: WasabiPipes – The Integration of Multiple Repositories for Cooperative Systems. In: Sanchez, J., Zhang, K. (Hrsg.); World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education (E-Learn), Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), Chesapeake, VA 23327 – 1545, USA, Orlando, USA, Oktober 2010, S. 2709 – 2718.

Schulte, J.; Keil, R.; Rybka, J.; Ferber, F.; Mahnken, R.: Modularisierung von Laborkomponenten zur besseren Integration von Forschung und Lehre im Ingenieurbereich. In: Mandel, Sch., Rutishauser, M., Seiler Schiedt, E. (Hrsg.); Digitale Medien für Lehre und Forschung, Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V. (GMW), Waxmann Verlag, Band 55, September 2010, S. 275 – 286.

Stark, K.; Koncilia, Ch., Schulte, J., Schikuta, E., Eder, J.: Incorporating Data Provenance in a Medical CSCW System. In: Bringas, P.C., Hameurlain, A., Quirchmayr, G. (Hrsg.); Database and Expert Systems Applications - Proceedings of the 21st International Conference, DEXA 2010, Bilbao, Spanien, Springer, August 2010, S. 315 – 322.

Stöcklein, J., Bolte, M., Klompmaker, F., Geiger, C., Nebe, K.: Interaktive Illustration heuristischer Optimierungsverfahren zur Wegeplanung. In: Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, Juni 2010.

## 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 „apodsle – 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 der Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrates zur Evaluation des Forschungszentrums L3S an der Universität Hannover
- Gutachter für das Research Council of Norway
- Jury-Mitglied des DINI-Ideenwettbewerbs „Lebendige Lernorte“ (DINI: Deutsche Initiative für Netzwerkinformation e. V.)

## Spin-Offs

*coactum GmbH*

Die coactum GmbH entwickelt Software-Lösungen für kooperatives Arbeiten. Dazu bietet sie entsprechende IT-Services sowie IT-Beratung und stellt geeignete Infrastrukturen bereit.

## Aktuelle Forschungsprojekte

*Bildung im Dialog*

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.

*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

*e-lab – E-Learning Laboratory*

Ziel des e-lab ist die Zusammenfassung bestehender und neuer E-Learning-Aktivitäten in den Bereichen Universität, Schule und Unternehmen unter einer Organisationsstruktur und auf einer technischen Basis.

*koaLA – ko-aktive Lern- und Arbeitsumgebung*

Die im Rahmen des Projekts Locomotion entwickelte ko-aktive Lernumgebung koaLA wird für den universitären Einsatz angepasst und mit zusätzlichen Schnittstellen zur Verwaltung ausgestattet.

*LARS – Lernen auf Reisen Schule*

In Kooperation mit der Bezirksregierung Detmold und dem Heinz Nixdorf MuseumsForum 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

*studiolo-communis*

Aufbau einer ko-aktiven Arbeitsumgebung für den erweiterten Forschungsdiskurs in der Kunst- und Architekturgeschichte in Zusammenarbeit mit dem UNESCO Kompetenzzentrum „Materielles und Immaterielles Kulturerbe“ und dem Zentrum für Informations- und Medientechnologien (IMT)

## Aktuelle Industriekooperationen

*Benteler AG, Paderborn*

Zusammenarbeit im Bereich ITIL Prozessmodellierung

*Chemie-Stiftung Sozialpartner-Akademie (CSSA), Wiesbaden*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

*ChemKom e. V., Marl*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

*Christmann Informationstechnik und Medien GmbH*  
Entwicklung energieeffizienter Infrastruktur für den Bildungsbereich

*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)

*Currenta GmbH & Co. OHG, Leverkusen*  
Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

*Daimler AG, Stuttgart*  
Zusammenarbeit in Fragen der Kooperationsunterstützung abteilungs- und firmenübergreifender Geschäftsprozessgestaltung

*dSpace, Paderborn*  
Zusammenarbeit in Fragen der Kooperationsunterstützung und bei Web-2.0-Anwendungen

*Evonik Degussa GmbH, Essen*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

*Forschungsgemeinschaft Sifa-Langzeitstudie*  
Aufbau einer Kooperationsplattform, die den Austausch zwischen Sicherheitsfachkräften aus ganz Deutschland unterstützt.

*Industriepark Wolfgang GmbH, Hanau*  
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)

*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

*Provis Partner für Bildung und Beratung GmbH, Frankfurt*

Projektpartner im Verbundprojekt DAWINCI (Durchlässigkeit in der Aus- und Weiterbildung in der Chemischen Industrie)

*Schulabteilung der Bezirksregierung, Detmold*  
Gemeinsame Aktivitäten und Projekte im Bereich bid-owl (Regionales Bildungsnetzwerk Ostwestfalen-Lippe) und LARS (Lernen auf Reisen – Schule)

*Schulamt der Stadt Paderborn*  
Unterstützung und Beratung beim Ausbau der „Lernstatt Paderborn“

*Siemens AG, Siemens IT Solutions and Services, Paderborn*  
Zusammenarbeit im Bereich Gebrauchstauglichkeit und Software-Ergonomie

*Stahl – Partner für Bäcker GmbH, Borcheln*  
Aufbau einer Plattform für e-Learning und Wissensmanagement in Bäckereiunternehmen

*Unger, Welsow & Company GmbH, Paderborn*  
Zusammenarbeit in Bereichen der Software-Ergonomie und der Web-Gestaltung in Kooperation mit verschiedenen anderen Firmen

# Fachgruppe Algorithmen und Komplexität

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

## Publikationen

Cord-Landwehr, Andreas; Degener, Bastian; Fischer, Matthias; Hüllmann, Martina; Kempkes, Barbara; Klaas, Alexander; Kling, Peter; Kurras, Sven; Märten, Marcus; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Raupach, Christoph; Swierkot, Kamil; Warner, Daniel; Weddemann, Christoph; Wonisch, Daniel: Collision-less gathering of robots with an extent. In: 37th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2011), 22. – 28. Januar 2011, Springer

Janson, Thomas; Mahlmann, Peter; Schindelhauer, Christian: A Locality-Aware Peer-to-Peer Network Combining Random Networks, Search Trees, and DHTs. In: Proceedings of the 16th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS'10), Shanghai, China, 9. – 10. Dezember 2010, IEEE

Suess, Tim; Wiesemann, Timo; Fischer, Matthias: Evaluation of a c-Load-Collision-Protocol for Load-Balancing in Interactive Environments. In: 5th IEEE International Conference on Networking, Architecture, and Storage, S. 448 – 456, 15. – 17. Juli 2010 IEEE Computer Society, IEEE Press

Dumrauf, Dominic; Suess, Tim: On the Complexity of Local Search for Weighted Standard Set Problems. In: Proc. 6th Conference on Computability in Europe, S. 132 – 140, 30. Juni – 4. Juli 2010

Abramsky, Samson ; Gavoille, Cyril ; Kirchner, Claude ; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Spirakis, Paul G. (Hrsg.) 37th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP 2010) Part I. LNCS, Band 6198, Bordeaux, Frankreich, Juli 2010, Springer

Abramsky, Samson ; Gavoille, Cyril ; Kirchner, Claude ; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Spirakis, Paul G. (Hrsg.) 37th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP 2010) Part II. LNCS, Band 6199, Bordeaux, Frankreich, Juli 2010, Springer

Degener, Bastian; Gehweiler, Joachim; Lammersen, Christiane: Kinetic Facility Location. *Algorithmica*, 57(3): S. 562 – 584, Juli 2010

Degener, Bastian; Kempkes, Barbara; Kling, Peter; Meyer auf der Heide, Friedhelm: A continuous, local strategy for constructing a short chain of mobile robots. In: SIROCCO '10: Proceedings of the 17th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity, LNCS, Band 6058, S. 168 – 182, 7. – 11. Juni 2010, Springer

Meyer auf der Heide, Friedhelm; Phillips, Cynthia (Hrsg.) SPAA 2010: Proceedings of the 22nd Annual ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures, Thira, Santorini, Griechenland, Juni 2010, ACM Press

Degener, Bastian; Kempkes, Barbara; Meyer auf der Heide, Friedhelm: A local  $O(n^2)$  gathering algorithm. In: SPAA 2010: Proceedings of the 22nd Annual ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures, S. 217 – 223, Juni 2010, ACM

Suess, Tim; Jaehn, Claudius; Fischer, Matthias: Asynchronous Parallel Reliefboard Computation for Scene Object Approximation. In: Eurographics Symposium on Parallel Graphics and Visualization

(EGPGV), S. 43 – 51, Norrköping, Schweden, Mai 2010

Mense, Mario; Schindelhauer, Christian: Read-Write-Codes: An Erasure Resilient Encoding System for Flexible Reading and Writing in Storage Networks. In: Proceedings of 11th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems, Lecture Notes in Computer Science, Band 5873, S. 624 – 639, 2010, Springer

Degener, Bastian; Kempkes, Barbara; Pietrzyk, Peter: A local, distributed constant-factor approximation algorithm for the dynamic facility location problem. In: International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS), 2010

Fischer, Matthias; Renken, Hendrik; Laroque, Christoph; Schaumann, Guido; Dangelmaier, Wilhelm: Automated 3D-Motion Planning for Ramps and Stairs in Intra-Logistics Material Flow Simulations. In: Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, 2010 IEEE

Damerow, Valentina; Manthey, Bodo; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Räcke, Harald; Scheideler, Christian; Sohler, Christian; Tantau, Till: Smoothed Analysis of Left-To-Right Maxima with Applications. In: ACM Transactions on Algorithms, 2010

Briest, Patrick; Chalermsook, Parinya; Khanna, Sanjeev; Laekhanukit, Budit; Nanongkai, Danupon: Improved Hardness of Approximation for Stackelberg Shortest-Path Pricing. In: Workshop on Internet and Network Economics (WINE), 2010

Briest, Patrick; Röglin, Heiko: The Power of Uncertainty: Bundle-Pricing for Unit-Demand Customers. In: Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA), 2010

Briest, Patrick; Chawla, Shuchi; Kleinberg, Robert D.; Weinberg, S. Matthew: Pricing Randomized Allocations. In: Proceedings of the 21st ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 2010

Gehweiler, Joachim; Meyerhenke, Henning: A Distributed Diffusive Heuristic for Clustering a Virtual P2P Supercomputer. In: Proceedings of 24th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS, HPGC), 2010

Meyer auf der Heide, Friedhelm; Scheideler, Christian: Algorithmische Grundlagen verteilter Speichersysteme. *Informatik-Spektrum*, 33(5): S. 468 – 474 2010

Degener, Bastian; Fekete, Sándor; Kempkes, Barbara; Meyer auf der Heide, Friedhelm: A survey on relay placement with runtime and approximation guarantees. *Computer Science Review* 2010

Gehweiler, Joachim; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Bin Packing – How Do I Get My Stuff into the Boxes? In: *Algorithms Unplugged*, 2010, Springer

Eikel, Benjamin; Jaehn, Claudius; Fischer, Matthias: Preprocessed Global Visibility for Real-Time Rendering on Low-End Hardware. In: Proc. of 6th International Symposium on Visual Computing (ISVC 10), LNCS, 2010, Springer

Suess, Tim; Wiesemann, Timo; Fischer, Matthias: Gewichtetes c-Collision-Protokoll zur Balancierung eines parallelen Out-of-Core-Rendering-Systems.

In: *Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung*, S. 39 – 52, 2010 Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe

Meyerhenke, Henning; Gehweiler, Joachim: On Dynamic Graph Partitioning and Graph Clustering using Diffusion. In: *Dagstuhl Seminar Proceedings 10261: Algorithm Engineering*, 2010

## Promotionen

Jan Mehler

### Power-aware online file allocation in dynamic networks

Sowohl die Vernetzung von mobilen drahtlosen Geräten wie Smartphones und PDAs als auch die Verbreitung von Sensornetzwerken nimmt zur Zeit stark zu. Eine wesentliche Anforderung an solche mobilen ad hoc Netzwerke besteht darin, den Netzwerknoten eine gemeinsame Nutzung von Daten zu ermöglichen. Beim von Bartal eingeführten File Allocation Problem hat ein Datenverwaltungssystem die Möglichkeit nach Bedarf beliebig viele Kopien eines Datums auf den Knoten des Netzwerks zu erzeugen und auch wieder zu löschen. Da die Knoten eines mobilen ad hoc Netzwerks in der Regel nur eine stark beschränkte Energiereserve besitzen, besteht unser Ziel darin Algorithmen zu entwickeln, die den bei der Bedienung einer Folge von Lese- und Schreib Anfragen der Netzwerknoten anfallenden Energiebedarf, möglichst gering halten. Um dies zu erreichen muss ein Algorithmus Kopien so im Netzwerk platzieren, dass sie zwar möglichst nahe an den zugreifenden Knoten liegen, aber gleichzeitig eine Aktualisierung aller Kopien nicht zu teuer wird. Wir verallgemeinern das File Allocation Problem von Bartal auf Netzwerke, die sich mit der Zeit verändern. Dabei besteht eine wesentliche Herausforderung darin, dass weder bekannt ist welche Anfragen in Zukunft gestellt werden noch wie sich das Netzwerk verändern wird. Wir untersuchen die Qualität verschiedener online Algorithmen für das File Allocation Problem in dynamischen Netzwerken sowohl theoretisch als auch mittels simulationsbasierter Experimente.

Peter Mahlmann

### Peer-to-peer networks based on random graphs

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. Diese Eigenschaft bietet das Potential für sehr hohe Robustheit, da ein ausgefallener Peer durch jeden anderen ersetzt werden kann. Es ist wichtig diese potenziell vorhandene Robustheit auch tatsächlich beim Entwurf von Peer-to-Peer Netzwerken zu nutzen, da Untersuchungen zeigen, dass Peer-to-Peer Netzwerke einer sehr starken Dynamik unterliegen. Somit ist es sinnvoll eine einfache Netzwerkstruktur zu wählen, die auch bei starker Dynamik aufrechterhalten werden kann und die Funktionalität des Netzwerks garantiert. Dieses Kriterium wird z. B. von Zufallsnetzwerken erfüllt. In dieser Arbeit stellen wir lokale Graph-Transformationen zum Aufbau und der Aufrechterhaltung von Zufallsnetzwerken ohne zentrale Koordination vor. Diese erlauben es auch im Fall starker Dynamik Eigenschaften wie logarithmischen Durchmesser und Expansionseigenschaft durch lokale Handshake-Operationen mit minimalen Kommunikations-

kosten aufrecht zu erhalten. Um das Problem der effizienten Suche in Zufallsnetzwerken zu umgehen, setzen wir Zufallsnetzwerke als Baustein für ein strukturiertes Peer-to-Peer Netzwerk ein. Im 3nuts Netzwerk werden Zufallsnetzwerke, Such-Bäume und verteilte Hash-Tabellen auf geschickte Art und Weise kombiniert um ihre jeweiligen Stärken zu erhalten und die jeweiligen Schwächen zu umgehen. Die resultierende Netzwerkarchitektur ist selbst-stabilisierend, Last-balanciert, unterstützt Bereichsanfragen und erlaubt Routing mit niedrigen Latenzen durch Anpassung der Overlay-Struktur an das physikalische Netzwerk.

*Sebastian Degener*

#### **Local, distributed approximation algorithms for geometric assignment problems**

Wir betrachten eine Gruppe von autonomen Robotern, die in einem unbekanntem Gelände ausgesetzt werden. Es gibt keine zentrale Steuerung und die Roboter müssen sich selbst koordinieren. Zentrale Herausforderung dabei ist, dass jeder Roboter nur seine unmittelbare Nachbarschaft sieht und auch nur mit Robotern in seiner unmittelbaren Nachbarschaft kommunizieren kann. Daraus ergeben sich viele algorithmische Fragestellungen. In dieser Arbeit wird untersucht, wie in einem solchen Szenario Zuweisungsaufgaben gelöst werden können, so dass sich trotz der lokalen Einschränkungen global beweisbar gute Lösungen ergeben. Dabei werden im ersten Teil der Arbeit Roboter zu Schätzen zugewiesen, die im Gelände gefunden wurden. Im zweiten Teil der Arbeit werden dynamische Rollenzuweisungen innerhalb des Roboterteams vorgenommen. Dabei müssen die Zuweisungen mit der Zeit geändert werden, da die Roboter sich bewegen. Es werden jeweils untere Schranken gezeigt, sowie lokale Approximationsalgorithmen beschrieben und analysiert.

#### **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)“, 2010
- Leiter des Programmkomitees des Track C “Foundations of networked Computation” des “37th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP 2010)”
- Leiter der Sektion Informatik und Mathematik der Bundes-Jury des Bundeswettbewerbs “Jugend Forscht“,
- General Chair des ACM-Symposiums „Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA)“
- Mitglied des Award Committee der European Association for Theoretical Computer Science (EATCS)

*Patrick Briest*

- Mitglied im Programmkomitee des „International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS)“, 2011

*Graduiertenprogramme*

- International Graduate School: NRW Graduate School of Dynamic Intelligent Systems
- Pasco-GK: DFG-Graduiertenkolleg „Wissenschaftliches Rechnen“
- DFG-Graduiertenkolleg „Automatismen – Strukturentstehung außerhalb geplanter Prozesse in Informationstechnik, Medien und Kultur“

#### **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

# Fachgruppe Entwurf Paralleler Systeme

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

## **Publikationen**

- Adelt, Philipp; Kleinjohann, Bernd; Herbrechtsmeier, Stefan; Rückert, Ulrich: Demonstrating self-optimization using a heterogeneous robot group. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), Osaka, Japan, 2010
- Adelt, Philipp; Kleinjohann, Bernd; Kleinjohann, Lisa; Schmitz, Matthias; Stern, Claudius: Multi-microcontroller Systems. In: Hinchey, Mike; Kleinjohann, Lisa; Kleinjohann, Bernd; Lindsay, Peter A.; Rammig, Franz Josef; Timmis, Jon; Wolf, Marilyn (Hrsg.): Proceedings of Distributed, Parallel and Biologically Inspired Systems 7th IFIP TC 10 Working Conference, DIPES 2010 and 3rd IFIP TC 10 International Conference, BICC 2010, Held as Part of WCC 2010, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Band 329, S. 205 – 217, Brisbane, Australien, September 2010, Springer, 2010
- Adelt, Philipp; Rose, Mirko; Esau, Natascha: Hybride Planung zur Auswahl des optimalen RailCab-Verhaltens bezüglich der Umweltbedingungen und Streckeneigenschaften. In: 7. Paderborner Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“, Band 272, Paderborn, 18. – 19. März 2010, HNI-Verlagschriftenreihe, Paderborn
- Azcarate, Florent; Carballada, Manuel; He, Da; Kritharidis, Dimitros; Mitas, Nikolaos; Mischkalla, Fabian; Müller, Wolfgang; Peñil, Pablo; Villar, Eugenio; Wegele, Arthur; Whiston, Paul: The SATURN Approach to SysML-Based HW/SW Codesign. IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI, Juli 2010
- Baldin, Daniel; Grönsbrink, Stefan; Kerstan, Timo: Full Virtualization of Real-Time Systems by Temporal Partitioning. In: Petters, Stefan M.; Zijlstra, Peter (Hrsg.): Proceedings of the 6th International Workshop on Operating Systems Platforms for Embedded Real-Time Applications, S. 24 – 32, 6. – 9. Juli 2010, ArtistDesign Network of Excellence on Embedded Systems Design, ArtistDesign Network of Excellence on Embedded Systems Design, 2010
- Becker, Markus; Müller, Wolfgang; Xie, Tao; Fummi, F.; Pravadelli, G.: RTOSAware Refinement for TLM2.0-based HW/SW Designs. In: Design, Automation and Test in Europe, Dresden, März 2010, DATE, 2010
- Becker, Markus; Müller, Wolfgang; Zabel, Henning: A Mixed Level Simulation Environment for Stepwise RTOS Software Refinement. In: Kleinjohann, Lisa; Kleinjohann, Bernd (Hrsg.): IFIP Working Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (DIPES 2010), Dordrecht, September 2010, DIPES, Springer, 2010
- Bol, Alexander; Lundkvist, O.; Müller, Wolfgang: Generation of Executable Testbenches from Natural Language Requirement Specifications for Embedded Real-Time Systems. In: Kleinjohann, Lisa; Kleinjohann, Bernd (Hrsg.): IFIP Working Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (DIPES 2010), Dordrecht, September 2010, DIPES, Springer, 2010
- Bol, Alexander; Müller, Wolfgang; Krupp, Alexander: Eine strukturierte Methode zur Generierung von SystemVerilog-Testumgebungen aus textuellen Anforderungsbeschreibungen. In: Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen (MBMV), Dresden, März 2010 MBMV, 2010/4
- Bolte, Mario; Geiger, Christian; Klompaker, Florian; Stöcklein, Jörg: Interaktive Illustration heuristischer Optimierungsverfahren zur Wegeplanung. In: Augmented & Virtual Reality in der Produktentwicklung, 10. – 11. Juni 2010, Heinz Nixdorf Institut, HNI-Verlagsschriftenreihe, 2010
- De Micheli, Giovanni ; Müller, Wolfgang: Proceedings of DATE (Design, Automation and Test in Europe) 2010 IEEE, Dresden, März 2010
- Defo, Bertrand; Kerstan, Timo; Klobedanz, Kay; Müller, Wolfgang: Distributed Coordination of Task Migration for Fault-Tolerant FlexRay Networks. In: Proceedings of the fifth IEEE Symposium on Industrial Embedded Systems (SIES2010), 7. – 9. Juli 2010, IEEE, 2010
- Defo, Bertrand; Klobedanz, Kay; Müller, Wolfgang; Zabel, Henning; Zhi, Yuan: Task Migration for Fault-Tolerant FlexRay Networks. In: Hinchey, Mike; Kleinjohann, Bernd; Kleinjohann, Lisa; Lindsay, Peter A.; Rammig, Franz Josef; Timmis, Jon; Wolf, Marilyn (Hrsg.): IFIP Working Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (DIPES 2010), S. 55 – 66, Brisbane, Australien, 20. – 23. September 2010, Springer, 2010
- Frey, Hannes; Mathews, Emi: Topological Cluster Based Geographic Routing in Multihop Ad Hoc Networks. In: The Fourth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, Florence, Italien, Oktober 2010, UBICOMM, 2010
- F. S. Oliveira, Marcio; Zabel, Henning; Müller, Wolfgang: Assertion-Based Verification of RTOS Properties. In: Proceedings of DATE 2010, 2010
- Geiger, Christian; Stöcklein, Jörg; Paelke, Volker; Pogscheba, Patrick: MiReAS: a mixed reality software framework for iterative prototyping of control strategies for an indoor airship. In: AFRIGRAPH, 10: Proceedings of the 7th International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualisation and Interaction in Africa, ACM International Conference Proceeding Series, S. 27 – 36, 21. – 23. Juni 2010 African Graphics Association (AFRIGRAPH), ACM Press, New York, NY, USA, 2010
- Gilles Bertrand; Gnokam Defo; Kuznik, Christoph; Müller, Wolfgang: Verification of a CAN bus model in SystemC with functional coverage. In: International Symposium on Industrial Embedded Systems (SIES), S. 28 – 35, 7. – 9. Juli 2010, IEEE, 2010
- Henkler, Stefan; Oberthür, Simon; Giese, Holger; Seibel, Andreas: Model-Driven Runtime Resource Predictions for Advanced Mechatronic Systems with Dynamic Data Structures. In: Proceedings of 13th IEEE International Symposium on Object/component/service-oriented Real-time distributed computing, Mai 2010 IEEE, IEEE CS Press, 2010
- Hinchey, Mike; Kleinjohann, Bernd; Kleinjohann, Lisa; Lindsay, Peter A.; Rammig, Franz Josef; Timmis, Jon; Wolf, Marilyn (Hrsg.): Distributed, Parallel and Biologically Inspired Systems 7th IFIP TC 10 Working Conference, DIPES 2010 and 3rd IFIP TC 10 International Conference, BICC 2010, Held as Part of WCC 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology, Band 329, Springer Verlag, Brisbane, Australien, September 2010
- Janacik, Peter; Lessmann, Johannes; Heimfarth, Tales; Karch, Michael: Towards an Efficient Protocol Development Process in the ShoX Network Simulator. In: Proceedings of the 12th International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation, Cambridge, England, 24. – 26. März 2010, IEEE Computer Society, 2010
- Janacik, Peter; Lessmann, Johannes; Karch, Michael: Distributed Simulation Environment for the ShoX Network Simulator. In: Proceedings of the Sixth International Conference on Networking and Services (ICNS), 7. – 13. März 2010, IEEE Computer Society Press, 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, England, 27. – 29. Januar 2010, IEEE Computer Society Press, 2010
- Janacik, Peter; Mathews, Emi; Orfanus, Dalimir: Self-Organizing Data Collection in Wireless Sensor Networks. In: Proceedings of The Third Workshop on Applications of Ad hoc and Sensor Networks (AASNET) at the IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2010), Perth, Australien, 20. – 23. April 2010 IEEE, IEEE Computer Society, 2010
- Jung, H.; Raupach, S.; Reimann, Christian; Klompaker, Florian; Nebe, Karsten: Kollaborative Interaktion mit geografischem Kartenmaterial auf Multi-Touch Displays, Anforderungen und Lösungen für die Nutzung interaktiver Displays im Kontext kollaborativer Arbeit, Workshop im Rahmen der Mensch und Computer 2010, Duisburg, September 2010
- Jungmann, Alexander; Kleinjohann, Bernd; Kleinjohann, Lisa; Stern, Claudius: Increasing Motion Information by Using Universal Tracking of 2D-Features. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), S. 511 – 516, Osaka, Japan, 13. - 16. Juli 2010, IEEE, IEEE Xplore, 2010
- Kerstan, Timo; Oertel, Markus: Design of a real-time optimized emulation method. In: Proceedings of DATE 2010, Dresden, 8. – 12. März 2010, IEEE Computer Society, IEEE Computer Society Press, 2010
- Klobedanz, Kay; Kuznik, Christoph; Thuy, Andreas; Müller, Wolfgang: Timing Modeling and Analysis for AUTOSAR-Based Software Development - A Case Study. In: Design, Automation and Test in Europe, S. 642 – 645, Dresden, März 2010, DATE, 2010
- Klompaker, F.; Ajaj, R.: Towards Multi-Touch Map Interaction on Tabletops: State of the Art and Design Recommendations, 31st Annual Conference of the European Association for Computer Graphics, Eurographics, Norrköping, Schweden, Mai 2010
- Klompaker, Florian; Nebe, Karsten: Towards 3D Multitouch Interaction & Widgets, Workshop on Interaction Techniques in Real and Simulated Assistive Smart Environment, Workshop at the First International Joint Conference on Ambient Intelligence, Malaga, Spanien, November 2010/5

Klompaker, Florian; Nebe, Karsten: 2D vs. 3D: Interaktion mit und Visualisierung auf großflächigen interaktiven Displays, Anforderungen und Lösungen für die Nutzung interaktiver Displays im Kontext kollaborativer Arbeit, Workshop im Rahmen der Mensch und Computer 2010, Duisburg, September 2010

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), Januar 2010, Springer, 210

Krupp, Alexander; Müller, Wolfgang: A Systematic Approach to Combined HW/SW System Test. In: Proceedings of DATE 2010, März 2010

Letombe, Florian; Müller, Wolfgang; Xie, Tao: Mutation-Analysis Directed Constrained Random Verification. In: Kleinjohann, Lisa; Kleinjohann, Bernd (Hrsg.): IFIP Working Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (DIPES 2010), Dordrecht, September 2010, DIPES, Springer, 2010

Mischkalla, Fabian; He, Da; Müller, Wolfgang: A UML Profile for SysML-Based Comodeling for Embedded Systems Simulation and Synthesis. In: M-BED Workshop at DATE, Dresden, März 2010, DATE, 2010

Mischkalla, Fabian; He, Da; Müller, Wolfgang: Closing the Gap between UML-based Modeling and Simulation of Combined HW/SW Systems. In: Design, Automation and Test in Europe, Dresden, März 2010, DATE, 2010

Montealegre, Norma; Hagenkötter, Sebastian: Process integrated wire-bond quality control by means of cytokine-Formal Immune Networks. Journal of Intelligent Manufacturing, 2010

Müller, Wolfgang; Nascimento, Francisco A.; Oliveira, Marcio F. S.; Wagner, Flavio: Design Space Abstraction and Metamodeling for Embedded Systems Design Space Exploration. In: 7th International Workshop on Model-based Methodologies for Pervasive and Embedded Software (MomPES), Antwerp, Belgien, September 2010

Müller, Wolfgang; Oliveira, Marcio; Zabel, Henning; Becker, Markus: Verification of Real-Time Properties for Hardware-Dependant Software. In: Proc. of IEEE, 3th International High Level Design Validation and Test Workshop (HLDVT), Anaheim, USA, Juni 2010 IEEE, 2010

Oberthür, Simon; Schomaker, Gunnar: Verteilte, dynamische Ressourcenverwaltung für mechatronische Systeme. In: Gausemeier, Jürgen; Rammig, Franz Josef; Schäfer, Wilhelm; Trächtler, Ansgar (Hrsg.): 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18. – 19. März 2010, HNI-Verlagsschriftenreihe, 2010

Oberthür, Simon; Zaramba, Leszek; Lichte, Hermann-Simon: Flexible Resource Management for Self-X Systems: An Evaluation. In: Proceedings of First IEEE Workshop on Self-Organizing Real-Time Systems – SORT 2010, Mai 2010 IEEE, IEEE CS Press, 2010

Oliveira, Marcio F. S.; Pereira, Carlos E.; Rammig, Franz Josef; Wagner, Flavio; Wehrmeister, Marco:

Model-Driven Engineering for Embedded Systems. In: First Brazilian-German Workshop on Nano-Microelectronics, Porto Alegre, Brasilien, 6. – 8. Oktober 2010

Prüßner, Niko; Rasche, Christoph; Rettberg, Achim; Richert, Willi: ACTION SELECTION FOR MULTI-SMDP BASED ROBOTS WITH DYNAMICALLY PRIORITIZED GOALS. In: International Conference Intelligent Systems and Agents, S. 8, 29.2010, 31. Juli 2010

Rammig, Franz Josef; Samara, Sufyan; Zhao, Yuhong: Integrate Online Model Checking into Distributed Reconfigurable System on Chip with Adaptable OS Services. In: Distributed, Parallel and Biologically Inspired Systems, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Band 329, S. 102 – 113. Springer Boston, September 2010

Rasche, Christoph; Stern, Claudius; Richert, Willi; Kleinjohann, Lisa; Kleinjohann, Bernd: Combining Autonomous Exploration, Goal-Oriented Coordination and Task Allocation in Multi-UAV Scenarios. In: ICAS, S. 6, <http://www.iaia.org/conferences2010/ICAS10.html>, 7. – 13. März 2010, IEEE Xplore, 2010

Samara, Sufyan: Partitioning granularity, communication overhead, and adaptation in OS services for Distributed Reconfigurable Systems on Chip. In: The 13th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, Dezember 2010, IEEE Computer Society, 2010

Samara, Sufyan; Schomaker, Gunnar: Real-time Adaptation and Load Balancing Aware OS Services for Distributed Reconfigurable System on Chip. In: Computer and Information Technology, International Conference on, S. 1743 – 1750, Los Alamitos, CA, USA, Juli 2010, IEEE Computer Society Press, 2010

Schäfer, Wilhelm; Henke, Christian; Kaiser, Lydia; Kerstan, Timo; Tichy, Matthias; Rieke, Jan; Eckardt, Tobias: Der Softwareentwurf im Entwicklungsprozess mechatronischer Systeme. In: Gausemeier, Jürgen; Rammig, Franz Josef; Schäfer, Wilhelm; Trächtler, Ansgar (Hrsg.): 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18. – 19. März 2010, Heinz Nixdorf Institut, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2010

Schnelte, Matthias; Güldali, Baris: Test Case Generation for Visual Contracts Using AI Planning. In: INFORMATIK 2010, Beiträge der 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), S. 369 – 374, September 2010

Schomaker, Gunnar; Oberthür, Simon; Kortenjan, Michael: Distributed and dynamic resource management for self-optimizing mechatronic systems. In: 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN'2010), Januar 2010

Stöcklein, Jörg; Geiger, Christian; Paelke, Volker: Mixed reality in the loop – design process for interactive mechatronical systems. In: Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE, S. 303 – 304, 20. – 24. März 2010 IEEE, IEEE Computer Society Press, 2010

Xie, Tao; Defo, Bertrand; Müller, Wolfgang: An Eclipse-based Framework for the IPXACT-enabled Assembly of Mixed-Level IPs. In: First Workshop on Hands-on Platforms and tools for model-based

engineering of Embedded Systems (HoPES 2010), Paris, Frankreich, Juni 2010

## Promotionen

*Henning Zabel*

### Techniken zur Simulation von eingebetteten Systemen mit abstrakten RTOS-Modellen

Eingebettete Echtzeitsysteme sind hochkomplexe Softwaresysteme, bei denen neben der funktionalen Korrektheit auch nicht funktionale Eigenschaften berücksichtigt werden müssen. Eine wichtige Anforderung an Echtzeitsysteme ist ein vorhersagbares Ausführungsverhalten durch die Einhaltung von vorgegebenen Zeitschranken bei der Ausführung von Tasks auf einem Zielprozessor. Abstrakte RTOS-Modelle erlauben hier eine laufzeiteffiziente Simulation des funktionalen Verhaltens und der Ausführungszeiten. Eine Herausforderung ist es dabei, trotz der Abstraktion, eine zeitlich genaue Simulation von Ausführungszeiten zu erreichen. Henning Zabel beschreibt in seiner Arbeit auf Basis von abstrakten RTOS-Modellen Ansätze zur Modellierung des hardwareabhängigen Scheduling von Interrupt-Service-Routinen, zur Abstraktion von optimiertem Assembler, sowie der Migration von Tasks zwischen Prozessoren. Zeitliche Fehler in den Abstraktionen werden durch eine Variation der Intervalldauer der Echtzeituhr kompensiert. Die Ansätze erlauben eine laufzeiteffiziente Simulation der Ausführung von Tasks auf einem Zielprozessor unter Berücksichtigung des Schedulingverfahrens und Prioritäten der Tasks. Die Effizienz der Ansätze wurde teils formal nachgewiesen und durch verschiedene Fallstudien evaluiert.

*Peter Janacik*

### Self-Organizing Construction of Connected k-Hop Dominating Sets in Wireless Sensor Networks

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 um ein einstellbares Maß von Flächenabdeckung zu gewährleisten, während sie die Konnektivität aufrechterhalten. In meiner Dissertation schlage ich ein neuartiges Protokoll zur CkDS-Konstruktion in drahtlosen Sensornetzwerken vor, welches seine Inspiration aus dem Verhalten der Eiblegenden Pieris rapae bezieht, die über verschiedene Eigenschaften verfügt, welche erstrebenswert für mein künstliches System sind. Mein Protokoll ist selbst-organisierend, da sich ein Muster auf der globalen Ebene, das CkDS, aufgrund vielfältiger Interaktionen auf unteren Ebenen herausbildet. Diese Interaktionen werden ferner spezifiziert durch Regeln, die allein unter Nutzung lokaler Informationen ohne Bezug auf das globale Muster ausgeführt werden. 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 Dominating Set, während der zweite die existierenden dominierenden Fragmente zu einem CkDS verbindet. Ich führte aufwändige Simulationen durch, um die Effizienz sowie andere Eigenschaften, wie in etwa die Skalierbarkeit, meines Protokolls zu evaluieren und um es mit einem kürzlich vorgestellten, dem Stand der Technik entstammenden, CkDS-Konstruktionsprotokoll zu vergleichen.

Im Dezember 2010 promovieren Sufyan Samara, Matthias Schnelte und Jan Stehr.

### Messen, Tagungen, Seminare

#### DIPES 2010

7th IFIP Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems, Brisbane, Australien  
20. – 23. September 2010

#### BICC 2010

3rd IFIP Conference on Biologically-Inspired Collaborative Computing (BICC 2010), Brisbane, Australien  
20. – 23. September 2010

### Patente, Preise, Auszeichnungen

#### Best-Paper-Award

Christoph Rasche, Claudius Stern, Willi Richert, Lisa Kleinjohann, Bernd Kleinjohann: Combining Autonomous Exploration, Goal-Oriented Coordination and Task Allocation in Multi-UAV Scenarios, International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS 2010).

### Weitere Funktionen

#### F. J. Rammig:

- Mitglied Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften und Fachgruppensprecher Informatik der Klasse für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften
- Mitglied von acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN und Mitglied des Lenkungskreises des Themennetzwerks IKT
- 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

#### B. Kleinjohann:

- Vice Chair IFIP Arbeitsgruppe 10.2 Embedded Systems
- Program Chair, IFIP Conference on Distributed and Parallel Embedded Systems (Dipes 2010), Brisbane, Australien, 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:

- Stellvertreter Sprecher der RSS Fachgruppe 4 Beschreibungssprachen und Modellierung von Schaltungen und Systemen
- Mitglied der ACM SIGDA
- Mitglied der ACM
- Mitglied der IEEE Computer Society
- Program Chair, DATE 2010
- General Chair SPEC Benchmark Workshop 2010

### Aktuelle Forschungsprojekte

*SFB 616: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus, Teilprojekt A2 – Verhaltensorientierte Selbstoptimierung (DFG)*

*SFB 616: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus, Teilprojekt B3 – Virtual Prototyping (DFG)*

*SFB 616: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus, Teilprojekt C2 – RTOS für selbstoptimierende Systeme (DFG)*

*SSFB 616: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus, Teilprojekt C3 – OCM-Architektur für selbstoptimierende Regelungen (DFG)*

*SFB 616: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus, Teilprojekt 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)*

*Konfigurierbarer IP-Stack für Smart Cards (BMWi)*

Zahlreiche von der EU und vom BMBF geförderte Verbundprojekte im Rahmen des C-LAB

### Aktuelle Industriekooperationen

- *Im Rahmen des SFB 614 Transferprojektes T4 mit der Sysgo AG, Klein-Winterheim und der Bluestone Technology GmbH*
- *Im Rahmen des SATURN Projektes mit der Thales Security Systems und 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*
- *Sagem Orga GmbH*

### 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*
- *OFFIS – Institut für Informatik Oldenburg*
- *TU Berlin*
- *TU Braunschweig*
- *TU Kaiserslautern*
- *TU München*

# Fachgruppe Schaltungstechnik

Dr.-Ing. Mario Pormann

## Publikationen

Adelt, Philipp; Kleinjohann, Bernd; Herbrechtsmeier, Stefan; Rückert, Ulrich: Demonstrating self-optimization using a heterogeneous robot group. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), Osaka, Japan, 13. – 16. Juli 2010.

al Bermami, Ali; Noe, Reinhold; Hoffmann, Sebastian; Würdehoff, Christian; Rückert, Ulrich; Pfau, Timo: Implementation of Coherent 16-QAM Digital Receiver with Feedforward Carrier Recovery. In: Signal Processing in Photonic Communications (SPPCOM), Karlsruhe, 21. – 24. Juni 2010.

al Bermami, Ali; Würdehoff, Christian; Hoffmann, Sebastian; Puntisri, K.; Pfau, Timo; Rückert, Ulrich; Noe, Reinhold: Realtime 16-QAM Transmission with Coherent Digital Receiver. In: Proceedings of OECC 2010, Sapporo, Japan, 5. – 9. Juli 2010.

al Bermami, Ali; Würdehoff, Christian; Pfau, Timo; Hoffmann, Sebastian; Rückert, Ulrich; Noe, Reinhold: First Realtime Synchronous 16-QAM Transmission with Coherent Digital Receiver. In: 11. ITG-Fachtagung „Photonische Netze“, Band 222, S. 153 – 156, Mai 2010 VDE, ITG/VDE.

Blesken, Matthias; Lütke-meier, Sven; Rückert, Ulrich: Multiobjective Optimization for Transistor Sizing of Sub-threshold CMOS Logic Standard Cells. In: Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), Paris, Frankreich, S. 1480 – 1483, 30. Mai – 2. Juni 2010.

Christ, Peter; Mielebacher, Jörg; Haag, Martin, Rückert, Ulrich: Detection of Body Movement and Measurement of Physiological Stress with a Mobile Chest Module in Obesity Prevention. In: The 10th Australasian Conference on Mathematics and Computers in Sport, Darwin, Australien, 5. – 7. Juli 2010.

Dittmann, F.; Linke, M.; Hagemeyer, J.; Koester, M.; Lallet, J.; Pohl, C.; Pormann, M.; Harris, J.; Ilstad, J.: Implementation of a Dynamically Reconfigurable Processing Module for SpaceWire Networks. In: Proceedings of the International SpaceWire Conference 2010, S. 193 – 196, St. Petersburg, Russland, 22. – 24. Juni 2010.

Dreesen, Ralf; Jungeblut, Thorsten; Thies, Michael; Kastens, Uwe: Dependence Analysis of VLIW Code for Non-Interlocked Pipelines. In: Proceedings of the 8th Workshop on Optimizations for DSP and Embedded Systems (ODES-8), April 2010.

El-Darawy, Mohamed; Pfau, Timo; Würdehoff, Christian; Noe, Reinhold: Performance of Modified Decision-Directed Polarization Control/Demultiplex Algorithm in Coherent QAM Receiver. In: Proceeding of. OFC/NFOEC 2010, 21. – 25. März 2010, Optical Society of America (OSA).

Herbrechtsmeier, Stefan; El Habbal, Mohamed Ahmed Mostafa; Rückert, Ulrich; Witkowski, Ulf: Robust Multihop Communication for Mobile Applications. In: Proceedings of IARP Workshop on Robotics for Risky Interventions and Environmental Surveillance (RISE), Sheffield, England, Januar, S. 20 – 21, 2010.

Hoffmann, Sebastian; Würdehoff, Christian; al Bermami, Ali; El-Darawy, Mohamed; Puntisri, K.; Rückert, Ulrich; Noe, Reinhold: Hardware-Efficient Phase

Estimation for Digital Coherent Transmission with Star Constellation QAM. IEEE Photonics Journal, 2(2), S. 174 – 180, April 2010.

Hoffmann, Sebastian; Würdehoff, Christian; al Bermami, Ali; Rückert, Ulrich; Noe, Reinhold: Hardware-effiziente Phasenschätzung für kohärenten QAM-Empfang mit regulären Stern-Konstellationen. In: 11. ITG-Fachtagung „Photonische Netze“, ITG-Fachbericht, Band 222, S. 221 – 224, Mai 2010 VDE, ITG/VDE.

Jungeblut, T.; Dreesen, R.; Pormann, M.; Thies, M.; Rückert, U.; Kastens, U.: A Framework for the Design Space Exploration of Software-Defined Radio Applications. In Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Lightweight Wireless Systems, MOBILIGHT, Barcelona, Spain, 10. – 12. Mai 2010.

Jungeblut, T.; Liß, C.; Pormann, M.; Rückert, U.: Design-space Exploration for Flexible WLAN Hardware. In Zorba, N.; Skianis, C.; Verikoukis, C. (Editors) Cross Layer Designs in WLAN Systems, ISBN: 9781848762275, Troubador Publishing, Leicester, England, 2010.

Jungeblut, T.; Lütke-meier S.; Siever, G.; Pormann, M.; Rückert, U.: A Modular Design Flow for Very Large Design Space Explorations. In Proceedings of CDNLive! EMEA 2010, München, 4. – 6. Mai 2010.

Jungeblut, T.; Puttmann, C.; Dreesen, R.; Pormann, M.; Thies, M.; Rückert, U.; Kastens, U.: Resource Efficiency of Hardware Extensions of a 4-issue VLIW Processor for Elliptic Curve Cryptography. In: Advances in Radio Science, 2010.

Jungeblut, T.; Sievers, G.; Pormann, M.; Rückert, U.: Design Space Exploration for Memory Subsystems of VLIW Architectures. In: Proceedings of the fifth IEEE International Conference on Networking, Architecture, and Storage (NAS2010), S. 377 – 385, Macau, China, 15. – 17. Juli 2010.

Koester, M.; Luk, W.; Hagemeyer, J.; Pormann, M.; Rückert, U.: Design Optimizations for Tiled Partially Reconfigurable Systems. In: IEEE Transactions on Very Large Scale Integration Systems, doi: 10.1109/TVLSI.2010.2044902.

Luetkemeier, Sven; Rückert, Ulrich: A Subthreshold to Above-Threshold Level Shifter Comprising a Wilson Current Mirror. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 57(9): S. 721 – 724, September 2010.

Noe, Reinhold; Hoffmann, Sebastian; Würdehoff, Christian; El-Darawy, Mohamed: Digital Coherent Transmission Systems. In: Signal Processing in Photonic Communications (SPPCOM), Deutschland, 21. – 24. Juni 2010, Optical Society of America (OSA).

Pohl, C.; Fuest, R.; Pormann, M.; Rückert, U.: vMAGIC – Automatic Code Generation for VHDL. In: newsletter edacentrum, S. 7 – 10, Juli 2010.

Purnaprajna, M.; Pormann, M.; Rückert, U.; Hussmann, M.; Thies, M.; Kastens, U.: Run-Time Reconfiguration of Multiprocessors Based on Compile-Time Analysis. In: ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETSS), Volume 3, Issue 3, Article No.: 17, S. 1 – 25, September 2010.

Puttmann, C.; Pormann, M.; Grassi, P. R.; Santambrogio, M.; Rückert, U.: High Level Specification of Embedded Listeners for Monitoring of Network-on-Chips. In: Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), Paris, Frankreich, pp. 3333-3336, 30. Mai – 2. Juni 2010.

Puttmann, Christoph; Pormann, Mario; Rückert, Ulrich: Extending GigaNoC towards a Dependable Network-on-Chip. In: Digest of the DAC Workshop on Diagnostic Services in Network-on-Chips (DSNOC), S. 156 – 181, Anaheim, USA, 13. Juni 2010.

Werner, F.; Rückert, U.; Tanoto, A.; Welzel, J.: The Teleworkbench – A Platform for Performing and Comparing Experiments in Robot Navigation. In: Proceedings of the Workshop on The Role of Experiments in Robotics Research at ICRA 2010 Anchorage, Alaska, USA, 3. Mai 2010.

Werner, Felix, Tanoto Andry, Welzel Jaan, and Rückert Ulrich: Teleworkbench: The Tele-operated Plattform for Robotic Experiments, EURON/EUROP Annual Meeting, San Sebastian, Spanien, 10. – 12. März 2010.

Wilhelm, Per; Thomas, Patrick; Monier, Emad; Timmermann, Robert; Dellnitz, Michael; Werner, Felix; Rückert, Ulrich: An Integrated Monitoring and Analysis System for Performance Data of Indoor Sport Activities. In: The 10th Australasian Conference on Mathematics and Computers in Sport, Darwin, Australien, 5. – 7. Juli 2010.

## Promotionen

Dr.-Ing. Christopher Pohl

### Konfigurierbare Hardwarebeschleuniger für selbst-organisierende Karten

Die Arbeit befasst sich mit der Untersuchung verschiedener Implementierungen selbst-organisierender Karten, einem Algorithmus aus dem Bereich der künstlichen neuronalen Netze. Die Untersuchungen gliedern sich in verschiedene Bereiche: Im Bereich der einzelnen Rechenelemente werden in der Regel hardware-spezifische Anpassungen vorgenommen, gleichzeitig wird auch die Funktionalität des Algorithmus verändert. Um die dadurch hervorgerufenen Effekte beurteilen zu können wird im Rahmen dieser Arbeit ein neues Maß erarbeitet, das eine bessere Vergleichbarkeit verschiedener Implementierungen ermöglicht.

Auf Architekturebene stellt sich vor Allem die Frage nach der parallelen Implementierung des Algorithmus. Um für eine bestimmte Anwendung die richtige Realisierung zu finden, wird auf Basis von exemplarischen Messungen ein Modell für den Ressourcenbedarf aufgestellt, bei dem unter anderem Parameter wie die Anzahl der implementierten Rechenelemente und die Art der Parallelisierung frei wählbar sind. Für das oben beschriebene Anwendungsbeispiel wird dann die Pareto-Menge berechnet, deren Mitglieder mit Hilfe der sogenannten Ressourceneffizienz bewertet werden. So kann für jede Anwendung eine optimale Implementierung gefunden werden.

Um die so gefundene Implementierung testen zu können werden zwei Werkzeuge vorgestellt, die die Kopplung zwischen einer Softwaresimulation und einer Hardwareimplementierung ermöglichen. Um einen konkreten Vergleich zwischen Hardware- und Softwareimplementierungen herbeizuführen, wurde mit Hilfe dieser Werkzeuge eine prototypische

Implementierung erzeugt und vermessen. Hierbei zeigt sich, dass auch für die vergleichsweise kleine und nicht optimal implementierte Variante eine Beschleunigung gegenüber aktuellen Mehrprozessorsystemen erzielt werden kann.

#### Patente, Preise, Auszeichnungen

Christmann, W.; Strugholtz, M.; Hagemeyer, J.; Pormann, M.: Mehrprozessor-Computersystem. AZ: DE10 2010 021 825.1

#### Weitere Funktionen

- Mitglied im Leitungsgremium der RSS Fachgruppe 1 „Allgemeine Methodik und Unterstützung von Entwurfsprozessen für Schaltungen und Systeme“
- Program Vice Chair, 5th IEEE International Conference on Networking, Architecture, and Storage, NAS 2010, Macau, China.
- Application Track Chair, International Conference on Field Programmable Logic and Applications, FPL 2010, Milan, Italien.

#### 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 Hard- und Software aus einer Hand.

#### Aktuelle Forschungsprojekte

##### *Dynamisch rekonfigurierbare Hardware für Echtzeitanwendungen*

Im von der DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 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 wurden in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus Industrie und Wissenschaft Schlüsseltechnologien für die nächste Generation von Mobilfunknetzen erforscht.

##### *GUARDIANS*

Dieses EU-Projekt hatte 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 waren 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.

##### *OMEGA – Home Gigabit Access*

Das Fachgebiet Schaltungstechnik erforscht in Kooperation mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft im Projekt OMEGA des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU die Medienkonvergenz ultra-breitbandiger Heimnetz-Technologien mit garantierten Qualitäten.

##### *RTOS für selbstoptimierende Systeme*

In Kooperation mit der Fachgruppe „Entwurf paralleler Systeme“, entwickelt die Fachgruppe im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 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 Techno-

logy 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.

#### Wissenschaftliche Kooperationen

##### *DRESO – 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.

##### *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.

# Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

## Publikationen

Amelunxen, H.; Trächtler, A.; Haupt, H.; Schütte, H.: Generation of Extended Vehicle Dynamics Models for Real-Time Simulations. Proc. 10th International Symposium on Advanced Vehicle Control (AVEC 2010), Loughborough, UK, 2010

Amelunxen, H.; Trächtler, A.; Haupt, H.; Schütte, H.: Real-Time Vehicle Models for Simulations of Ride Comfort. Proc. 6th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control – AAC, München, 2010

Çinkaya, H.; Just, V.; Landwehr, M.; Trächtler, A.: Entwurf einer adaptiven Regelung für den Vereinzelungsvorgang in Bankautomaten. 7. Paderborner Workshop "Entwurf mechatronischer Systeme" (EMS 2010), 18. – 19. März, Paderborn, 2010

Gausemeier, J.; Donoth, J.; Dumitrescu, R.; Trächtler, A.; Reinold, P.: Self-Optimization – An Approach for Intelligent Mechatronics Exemplified by an X-by-wire Vehicle. Proc. 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics – INDIN, Osaka, Japan, 2010

Gausemeier, S.; Jäker, K.-P.; Trächtler, A.: Multi-objective Optimization of a Vehicle Velocity Profile by Means of Dynamic Programming. Proc. 6th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control – AAC, München, 2010

Geisler, J.; Sextro, W.; Sondermann-Wölke, C.; Trächtler, A.: Experimentelle Untersuchung der Selbstoptimierung innerhalb des RailCab-Spurführungsmoduls. 7. Paderborner Workshop "Entwurf mechatronischer Systeme" (EMS 2010), 18. – 19. März, Paderborn, 2010

Just, V.; Trächtler, A.; et al.: Efficient Design of Complex Mechatronic Products Using the Example of the Separation-Process in an ATM. Proc. ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE), Vancouver, Kanada, 2010

Kreft, S.; Gausemeier, J.; Berssenbrügge, J.; Lorenz, W.; Trächtler, A.: Integration eines voll-aktiven X-by-wire Versuchsfahrzeugs in eine VR-basierte Simulationsumgebung. HNI-Verlagsschriftenreihe, Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Band 274, Paderborn, 2010

Kreft, S.; Lorenz, W.; Berssenbrügge, J.; Gausemeier, J.; Trächtler, A.: A VR-Based Prototyping And Demonstration Platform Integrating A Fully Active X-By-Wire Test Vehicle. Proc. of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, Montreal, Kanada, 2010

Krüger, M.; Scharfenbaum, I.; Trächtler, A.: Parametrische Modellreduktion in hierarchisch modellierten selbstoptimierenden Systemen. 7. Paderborner Workshop "Entwurf mechatronischer Systeme" (EMS 2010), 18. – 19. März, Paderborn, 2010

Reinold, P.; Nachtigal, V.; Trächtler, A.: An Advanced Electric Vehicle for the Development and Test of New Vehicle-Dynamics Control Strategies. Proc. 6th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control – AAC, München, 2010

Reinold, P.; Sawazki, E.; Trächtler, A.: Integrierte Fahrdynamikregelung für ein Elektrofahrzeug mit

Einzelradaktorik. 10. Internationales Stuttgarter Symposium, Stuttgart, 2010

Schäfer, W.; Birattari, M.; Blömer, J.; Dorigo, M.; Engels, G.; O'Grady, R.; Platzner, M.; Rammig, F.; Reif, W.; Trächtler, A.: Engineering Self-Coordinating Software Intensive Systems. Proc. Foundations of Software Engineering (FSE) and NITR&D/SPD Working Conference on the Future of Software Engineering Research (FoSER 2010), Santa Fe, New Mexico, USA, 2010

## Promotionen

Dr.-Ing. Jewgenij Harchenko

### Mechatronischer Entwurf eines neuartigen aktiven Fahrzeugfederungssystems für PKW unter Verwendung einer reversierbaren Flügelzellenpumpe

Der Entwicklungsstand in der Fahrwerkstechnik ist bereits so weit fortgeschritten, dass ohne Einsatz von aktiven Komponenten keine bedeutenden Verbesserungen mehr zu erwarten sind. In der Dissertation wird die Entwicklung eines neuartigen, aktiven Fahrzeugfederungssystems für PKWs vorgestellt, das die Funktionen einer Aufbaustabilisierung und einer variablen Dämpfung in einem System vereint. Es werden ein Zielsystem modellgestützt im Zeit- und im Frequenzbereich spezifiziert sowie dessen Funktionsstruktur entworfen und analysiert. Die modellbasierte Auslegung des Aktors bildet einen weiteren Schwerpunkt dieser Arbeit. Dabei werden schon in früheren Phasen des Entwurfs dynamische und mechatronische Funktionen des Aktors und ihr Einfluss auf das Gesamtsystem festgelegt. Als Ergebnis entstand ein aktives Querlenker-System, bei dem vier Aktoren als Federungsaktoren direkt in jeden Querlenker integriert sind und eine Drehbewegung erzeugen. Eine zentrale Rolle im System spielt das speziell für diese Anwendung entwickelte neuartige Prinzip eines hydraulischen, reversierbaren Flügelzellenaktors. Innerhalb der Prototypen-Testphase werden nicht nur der Funktionsnachweis erbracht, sondern auch bisher kaum beachtete Effekte einer internen Rückstellkraft beobachtet, messtechnisch erfasst und mathematisch beschrieben. Dank der Flexibilität des neu entwickelten Aktors (Kombination von aktiver Aufbaustabilisierung mit semiaktiver Dämpfung) werden Vorteile bekannter Systeme wie CDC und ABC vereint. Darüber hinaus wird in der Arbeit eine neue Klassifizierung der Fahrzeugfederungssysteme mit durchgängigen Definitionen vorgeschlagen. Diese soll dem Entwickler bei der Konzipierung neuer Systeme als ein systematisches, abstraktes und erweiterbares Hilfsmittel dienen.

## Messen, Tagungen, Seminare

Hannover Messe 2010  
19. – 23. April 2010

9. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung  
9. – 10. Juni 2010

Technik zum Anfassen, 6. Frauenpower-Tag  
30. September 2010

## Weitere Funktionen

- Studiendekan
- Projektleiter RailCab
- Leiter des VDI/VDE-GMA-Fachausschusses 7.62 (Steuerung und Regelung von Kraftfahrzeugen und Motoren)
- Mitglied im IFAC TC 7.1 Automotive Control
- Mitglied der Graduate School on Dynamic Intelligent Systems
- 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)

## Spin-Offs

MLaP

Mechatronik-Laboratorium Paderborn, gegründet 2006, bietet Dienstleistungen an in den Bereichen Entwurf mechatronischer Systeme, Regelungs- und Steuerungstechnik. Spezielle Anwendungen sind die Entwicklung elektrohydraulischer Aktoren für aktive Fahrwerksysteme und die Reglerauslegung für die Aktorsysteme und das Gesamtfahrzeugverhalten. Außerdem umfasst das Dienstleistungsangebot die Durchführung von Machbarkeitsstudien und Konzeptvergleichen, kundenspezifische Prüfstandsuntersuchungen in Hardware-in-the-Loop-Umgebungen und die Entwicklung und Erprobung von Prototypen und Prüfständen. Der Name MLaP ist eine Reminiszenz an die Verdienste von Prof. Joachim Lückel, der die Mechatronik in Paderborn begründet hat.  
[www.mlap.de](http://www.mlap.de)

## 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 gewonnenen Erkenntnisse, Methoden und Verfahren an anspruchsvollen Beispielen.

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 Dieselmotors.  
Förderinstitution: DFG

Aktives Fahrwerk für ein schweres Geländefahrzeug  
Entwicklung und Entwurf eines aktiven Federungssystems 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 Projekts sind die Modellierung, Regelsynthese, 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.

#### *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.

#### *Mehrfachpendelsystem auf linear geführtem Wagen*

Das unteraktivierte, nichtlineare Mehrfachpendelsystem dient zur Entwicklung und Analyse fortschrittlicher Steuer- und Regelstrategien. Es kann mit zwei oder auch drei Pendelarmen betrieben werden. Das chaotische Pendelsystem kann durch geeignete Steuerung und Regelung definierte Manöver zum Beispiel zwischen verschiedenen Ruhelagen ausführen.

#### *ENTIME – Entwurfstechnik Intelligente Systeme*

ENTIME ist ein Gemeinschaftsprojekt der Fachgruppen Produktentstehung, Softwaretechnik und Regelungstechnik und Mechatronik mit der Beteiligung von neun Unternehmen aus der Region. Ziel ist die Anwendung von Semantic Web-Technologien zur Unterstützung des Entwicklers beim Entwurf mechatronischer Systeme. Die Fachgruppe RtM erstellt Simulationsmodelle unterschiedlicher Modellierungstiefen mit dem Ziel, diese semantisch miteinander zu verknüpfen. Federführend ist die Fachgruppe außerdem bei der Konzipierung und dem Aufbau eines geeigneten Messe-Demonstrators.

*Förderinstitution: EU, NRW*

### **Aktuelle Industriekooperationen**

#### *Optimierung der Regelung einer Gießanlage für Hartkaramellen*

Ziel des Projekts ist es, die Dosiergenauigkeit der einzelnen Zutaten bei der Herstellung von Hartkaramellen zu verbessern. Dadurch können Kosten eingespart und Qualitätsstandards besser eingehalten werden. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die verfahrenstechnischen Prozesse der Herstellung erfasst und in einem simulationsfähigen Modell nachgebildet. Das Modell dient als Basis für die Optimierung vorhandener unterlagerter Regelkreise sowie für die Entwicklung neuer überlagerter Regelstrategien.

*Förderinstitution: August Storck KG*

#### *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 Einsparpotentials 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 Mehrkörpersysteme (MKS).

*Förderinstitution: Wincor Nixdorf AG*

#### *Modellbildung Trockenprozess*

Ein Projekt zur Untersuchung und zur 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 Softwaretechnik

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

## **Publikationen**

- Eckardt, T.; Henkler, S.: Component Behavior Synthesis for Critical Systems. In Holger Giese (eds.): Architecting Critical Systems, First International Symposium, ISARCS 2010, Prag, Tschechien, 23.–25. Juni 2010, Proceedings, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6150, S. 52–71, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- Engels, G.; Lewerentz, C.; Schäfer, W.; Schürr, A.; Westfechtel, B. (eds.): Graph Transformations and Model-Driven Engineering. Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 5765, 2010
- Ferrari, R.; Sudmann, O.; Henke, C.; Geisler, J.; Schäfer, W.; Madhavji, N.: Requirements and Systems Architecture Interaction in a Prototypical Project: Emerging Results. In Wieringa, Roel and Persson, Anne (eds.): Requirements Engineering: Foundation for Software Quality (REFSQ2010), Essen, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6182, S. 23–29. Springer Berlin / Heidelberg, 2010
- Ferrari, R.; Sudmann, O.; Henke, C.; Geisler, J.; Schäfer, W.; Madhavji, N.: Requirements Engineering Decisions in the Context of an Existing Architecture: A Case Study of a Prototypical Project. In Proceedings of 18th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE2010), Sydney, Australien, S. 79–88. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, September, 27. Oktober, 1st 2010
- Ferrari, R.; Sudmann, O.; Henke, C.; Geisler, J.; Schäfer, W.; Madhavji, N.: Transitioning from lab studies to large-scale studies: Emerging results from a literal replication. In 1st International Workshop on Replication in Empirical Software Engineering Research (co-located with ICSE 2010), Cape Town, Südafrika. 2010
- Giese, H.; Henkler, S.; Hirsch, M.: A Multi-Paradigm Approach Supporting the Modular Execution of Reconfigurable Hybrid Systems. In Transactions of the Society for Modeling and Simulation International, S. 528–566, Dezember 2010
- Greenyer, J.: Synthesizing Modal Sequence Diagram Specifications with Uppaal-Tiga. Tech. Rep., no. tr-ri-10-310. Universität Paderborn, Februar 2010
- Greenyer, J.; Kindler, E.: Comparing relational model transformation technologies: implementing Query/View/Transformation with Triple Graph Grammars. In Software and Systems Modeling (SoSyM), vol. 9, no. 1, S. 21.–46, Januar 2010, Juli 15, 2009
- Heinzemann, C.; Suck, J.; Jubeh, R.; Zündorf, A.: Topology Analysis of Car Platoons Merge with FujabaRT & TimedStoryCharts – a Case Study. In Pieter Van Gorp and Steffen Mazanek and Arend Rensink (eds.): Transformation Tool Contest (Malaga). 2010
- Heinzemann, C.: Verifikation von Protokollverfeinerungen. In Informatiktage 2010 – Fachwissenschaftlicher Informatik-Kongress 19.–20. März 2010, B-IT Bonn-Aachen International Center for Information Technology in Bonn, Lecture Notes in Informatics, Vol. 9, S. 57–60. Gesellschaft für Informatik, März 2010
- Henkler, S.; Hirsch, M.; Priesterjahn, C.; Schäfer, W.: “Modeling and verifying dynamic communication structures based on graph transformations,” in Software Engineering 2010 – Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik, 22.–26. Februar 2010 in Paderborn, ser. LNI, G. Engels, M. Luckey, and W. Schäfer, Eds., Vol. 159. GI, S. 153–164, 2010
- Henkler, S.; Meyer, J.; Schäfer, W.; Nickel, U.: Reverse Engineering mechatronischer Systeme. In Seventh Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, HNI-Verlagsschriftenreihe, S. 1–16. 2010
- Henkler, S.; Meyer, J.; Schäfer, W.; Nickel, U.: Reverse Engineering automotiver Softwaresysteme. In Proc. of the Dagstuhl-Workshop: Model-Based Development of Embedded Systems (MBEES), 2010, Schloss Dagstuhl, Informatik-Bericht (Technische Universität Braunschweig), S. 78–84. April 2010
- Henkler, S.; Meyer, J.; Schäfer, W.; Nickel, U.; von Detten, M.: Legacy Component Integration by the Fujaba Real-Time Tool Suite. In Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering (ICSE 2010), vol. 2 (New York, NY, USA), S. 267–270. ACM, Mai 2010
- Henkler, S.; Oberthür, S.; Giese, H.; Seibel, A.: Model-Driven Runtime Resource Predictions for Advanced Mechatronic Systems with Dynamic Data Structures. In In Proc. of 13th International Symposium on Object/component/service-oriented Real-time distributed Computing (ISORC), S. 202–209. IEEE Computer Society Press, 5 2010
- Holtmann, J.: Mit Satzmustern von textuellen Anforderungen zu Modellen. In Ernst Sikora (eds.): OBJEKTSpektrum, no. RE/2010 (Online Themenspecial Requirements Engineering). SIGS DATACOM, Juni 2010
- Huber, N.; Becker, S.; Rathfelder, C.; Schweglinghaus, J.; Reussner, R.: Performance Modeling in Industry: A Case Study on Storage Virtualization. In ACM/IEEE 32nd International Conference on Software Engineering, Software Engineering in Practice Track, Capetown, Südafrika, S. 1–10. ACM, New York, USA, 2010
- Kapova, L.; Goldschmidt, T.; Becker, S.; Henss, J.: Evaluating Maintainability with Code Metrics for Model-to-Model Transformations. In G. Heineman, J. Kofron, F. Plasil, editors, Research into Practice - Reality and Gaps (Proceeding of QoSA 2010), vol. 6093 of LNCS, S. 151–166, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- Klöpper, B.; Meyer, J.; Tichy, M.; Honiden, S.: Planning with Utilities and State Trajectories Constraints for Self-Healing in Automotive Systems. In Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems Budapest, Ungarn, 27. September–1. Oktober 2010. IEEE Computer Society Press, September 2010
- Legros, E.; Schäfer, W.; Schürr, A.; Stürmer, I.: MATE – A Model Analysis and Transformation Environment for MATLAB Simulink. In Holger Giese, Gabor Karsai, Edward Lee, Bernhard Rumpe and Bernhard Schätz (eds.): Model-Based Engineering of Embedded Real-Time Systems (MBEERTS), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 6100, S. 323–328. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- Löffler, R.; Güldali, B.; Geisen, S.: Towards Model-based Acceptance Testing for Scrum. In E.E. Doberkat, U. Kelter (eds.): Softwaretechnik-Trends, Vol. 30, No. 3. GI, August 2010
- Löffler, R.; Meyer, M.; Gottschalk, M.: Formal Scenario-based Requirements Specification and Test Case Generation in Healthcare Applications. In Proceedings of the 2010 ICSE Workshop on Software Engineering in Health Care (SEHC 2010), SEHC ,10 (New York, NY, USA), S. 57–67. ACM, 2010
- Meyer, J.; Holtmann, J.; Nickel, U.: Eine erweiterte Systemmodellierung zur Entwicklung von softwareintensiven Anwendungen in der Automobilindustrie. In Proc. of the Software Engineering 2010 Conference – Workshop Contributions, Workshop ENVISION2020, Paderborn, 22.–26. Februar 2010, LNI, vol. 160. Gesellschaft für Informatik, 2010
- Nafz, F.; Seebach, H.; Holtmann, J.; Meyer, J.; Tichy, M.; Reif, W.; Schäfer, W.: Designing Self-Healing in Automotive Systems. In Proc. of the 7th International Conference on Autonomic and Trusted Computing (ATC 2010), Xi’an, China, 26.–29. Oktober, 2010, Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag, Oktober 2010
- Priesterjahn, C.; Tichy, M.; Henkler, S.; Hirsch, M.; Schäfer, W.: Fujaba4Eclipse Real-Time Tool Suite. In Holger Giese, Gabor Karsai, Edward Lee, Bernhard Rumpe and Bernhard Schätz (eds.): Model-Based Engineering of Embedded Real-Time Systems (MBEERTS), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 6100, S. 309–315. Springer Verlag, 2010
- Schäfer, W.; Birattari, M.; Blömer, J.; Dorigo, M.; Engels, G.; O’Grady, R.; Platzner, M.; Rammig, F.; Reif, W.; Trächtler, A.: Engineering Self-Coordinating Software Intensive Systems. In Proceedings of the Foundations of Software Engineering (FSE) and NITR&D/SPD Working Conference on the Future of Software Engineering Research (FoSER 2010) (Santa Fe, New Mexico, USA). November 2010
- Schäfer, W.; Eckardt, T.; Henke, C.; Kaiser, L.; Kerstan, T.; Rieke, J.; Tichy, M.: Der Softwareentwurf im Entwicklungsprozess mechatronischer Systeme. In 7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, S. 3–22, März 2010
- Tichy, M.; Hirsch, M.; Brink, C.; Gerking, C.; Hahn, M.; Schäfer, W.: Integration hybrider Modellierungstechniken in CAMEL-View. In Seventh Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 272, S. 235–251, März 2010
- von Detten, M.; Meyer, M.; Travkin, D.: Reclipse - A Reverse Engineering Tool Suite. Tech. Rep., no. tr-ri-10–312. Software Engineering Group, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, März 2010
- von Detten, M.; Meyer, M.; Travkin, D.: Reverse Engineering with the Reclipse Tool Suite. In Proceedings of the 32nd International Conference on Software Engineering (ICSE 2010), Cape Town, Südafrika, Vol. 2, S. 299–300. ACM Press, Mai 2010. Informal Research Demonstration.
- von Detten, M.; Travkin, D.: An Evaluation of the Reclipse Tool Suite based on the Static Analysis of JHotDraw. Tech. Rep., no. tr-ri-10-322. Software Engineering Group, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Oktober 2010

## Promotionen

Dr. Matthias Meyer

### Musterbasiertes Re-Engineering von Software-Systemen

Bestehende Software muss durch Re-Engineering kontinuierlich an eine veränderte Umwelt und neue Anforderungen angepasst werden, was mit enormem Aufwand verbunden ist. Dabei ist die Wartbarkeit von Software, die bestimmt wie einfach Veränderungen und Erweiterungen vorgenommen werden können, von entscheidender Bedeutung. In dieser Arbeit wird ein Ansatz entwickelt, der eine Beurteilung und halbautomatische Verbesserung der Wartbarkeit auf Basis von Softwaremustern unterstützt. Dazu wird ein Verfahren zur automatisierten Erkennung von insbesondere schlecht wartbaren Strukturen (Bad Smells/Anti Patterns) vorgestellt. Zusätzlich wird eine grafische Sprache zur Spezifikation von Programmtransformationen definiert, die erkannte schlecht wartbare Strukturen in bessere Lösungen transformieren. Dabei soll i. d. R. das von außen beobachtbare Verhalten der Software nicht verändert werden (Refactoring). Ob eine spezifizierte Transformation das Verhalten verändert, kann im Allgemeinen nicht automatisiert überprüft werden. Stattdessen werden auf Basis der Programmstruktur allgemeine Kriterien formuliert, deren Verletzung durch eine Transformation zu Verhaltensänderungen führen. Aufbauend darauf wird ein Verifikationsverfahren entwickelt, das Transformationen unabhängig von einem konkreten Programm automatisch auf Einhaltung solcher Kriterien analysieren kann. Diese Analysierbarkeit wurde bereits bei der Konzeption der Transformationssprache berücksichtigt. Kann eine Transformation ein Kriterium verletzen, werden systematisch repräsentative Beispiele für problematische Ausführungen ermittelt und dem Re-Engineer so Hinweise für eine Korrektur gegeben.

## Messen, Tagungen, Seminare

Mitorganisation des Acatech Symposium 2010, München

<http://www.acatech.de>  
2. Februar 2010

Software Engineering 2011 (SE), Karlsruhe

<http://se2011.ipd.kit.edu>  
21. – 25. Februar 2010

3. Workshop zur Software-Qualitätsmodellierung und -bewertung (SQMB) 2010, Paderborn

<http://sqmb.informatik.tu-muenchen.de/2010>  
22. Februar 2010

Veranstalter des Treffens der Software-Engineering-ProfessorInnen im deutschsprachigen Raum

Thema: Informatik im Maschinenbau

<http://ses2010.upb.de>  
22. – 23. Februar 2010

Leitung des Industrietages im Rahmen der SE 2010

24. Februar 2010

Software Engineering 2010 (SE), Paderborn

<http://www.se2010.upb.de>  
24. – 26. Februar 2010

Universität Paderborn auf der Hannover Messe

Präsentation des Projekts "Zukunftsmeile"

19. April 2010

General Chair der International Conference on Software Programming (ICSP) 2010, Paderborn

<http://icsp10.upb.de>  
8. – 9. Juli 2010

32th International Conference on Software Engineering (ICSE) 2010, Cape Town, Südafrika

<http://www.sbs.co.za/ICSE2010>  
2. – 9. Mai 2010

Fifteenth International Workshop on Component-Oriented Programming, WCOP 2010

<http://research.microsoft.com/en-us/um/people/cszypers/events/WCOP2010>  
22. – 25. Juni 2010

Sixth International Conference on the Quality of Software Architectures (QoSA) 2010,

<http://d3s.mff.cuni.cz/conferences/comparch2010>  
23. – 25. Juni 2010

13th International Symposium on Component Based Software Engineering, CBSE 2010

<http://cbse2010.ipd.kit.edu>  
23. – 25. Juni 2010

16th International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality (REFSQ), Essen

<http://www.sse.uni-due.de/refsq/2010>  
30. Juni – 2. Juli 2010

36th EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), MOCS – Model-based development, Components and Services (Track)

[http://seaa2010.liacs.nl/?Call\\_for\\_Papers:MOCS\\_-\\_Model-based\\_development%2C\\_Components\\_and\\_Services\\_%28Track%29](http://seaa2010.liacs.nl/?Call_for_Papers:MOCS_-_Model-based_development%2C_Components_and_Services_%28Track%29)  
1. – 3. September 2010

7th European Performance Engineering Workshop, EPEW2010

<http://www.sti.uniurb.it/events/epew2010>  
23. – 24. September 2010

International Symposium of the Foundations of Software Engineering (ACM/FSE 18) 2010

Santa Fe, New Mexico, USA  
<http://fse18.cse.wustl.edu>  
7. – 11. November 2010

## 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)
- Stellvertretender Sprecher des Sonderforschungsbereichs 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“
- Stellv. Vorsitzender des Vorstandes der InnovationsAllianz der Hochschulen NRW. e.V.
- Gutachter für die DFG, Christian-Doppler-Gesellschaft, NSERC (Kanada), NSF (USA)
- Mitherausgeber Software Process Improvement and Practice, Wiley
- Mitherausgeber IEEE Transactions on Software Engineering

- Geschäftsführer der Zukunftsmeile Fürstenallee Projektentwicklungsgesellschaft mbH

- Sprecher der AG-Prorektoren für Forschung

## 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, domänen-spezifischer Anwendungen sowie aufeinander abgestimmter Werkzeugketten zur modellbasierten Softwareentwicklung.  
[www.wagner-gt.de](http://www.wagner-gt.de)

## Aktuelle Forschungsprojekte

SFB 614: Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus

Ziel ist, die Grundlage und Potentiale der Selbstoptimierung zu erforschen, sie anhand eines Demonstrators zu verifizieren und deren Entwicklung durch eine umfassende Entwicklungsmethodik zu unterstützen. Die Fachgruppe ist an folgenden Teilprojekten maßgeblich beteiligt: Teilprojekt B1: Entwurfstechniken, Teilprojekt B2: Entwurfsmethoden  
Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft

Transferprojekt T2 „Hybride Modellierung – Integration hybrider Modellierungs- und Validierungstechniken in CAMEL-View“

Innerhalb des SFB 614 wird im Rahmen des Transferprojekts 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: Deutsche Forschungsgemeinschaft

Neue Bahntechnik Paderborn

Ziel ist die Entwicklung eines neuartigen Bahnsystems, das moderne Fahrwerkstechnologie mit den Vorteilen des Transrapid und der Nutzung der bestehenden Bahntrassen vereint. Schwerpunkt der Aktivitäten: Entwicklung der Software für die Koordination und Kommunikation.

Förderinstitutionen: Land NRW / Universität Paderborn

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.

Fördergeber: Hella KGaA Hueck & Co.

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. An den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind 21 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft aus ganz Deutschland beteiligt. Gemeinsam mit der Hella KGaA Hueck & Co und der dSPACE GmbH erforscht das Fachgebiet Software-technik eine Entwicklungsmethodik für automotiv Steuergeräte, welche Requirements Engineering, Systemarchitektur- sowie Software-/Hardwarearchitekturdesign modellbasiert miteinander verknüpft. Die Ergebnisse fließen in die branchenübergreifende SPES-Methodik ein.

*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*

**Testautomatisierung für Telekommunikationsnetze**  
Die Telefónica O2 Germany GmbH & Co. OHG betreibt mit einem Next Generation Network (NGN) ein Telekommunikationsnetzwerk, bei dem Sprach- und Datennetze zu einem großen Netzwerk integriert werden. Dass das NGN die gewünschte Funktionalität bietet, wird u. a. mit Hilfe von Testfällen überprüft. Diese Testfälle liegen in Form natürlich-sprachlicher Ablaufbeschreibungen vor, die manuell abgearbeitet werden. Ziel des Projekts ist, eine automatisierte Ausführung und Auswertung von Testfällen zu ermöglichen.

*Fördergeber: Telefónica O2 Germany GmbH & Co. OHG*

**Softwarequalitätssicherung in der Medizintechnik**  
Heutzutage kommt eine Vielzahl von komplexen medizinischen Geräten zum Einsatz, um Ärzte bei Diagnose- und Eingriffsverfahren zu unterstützen. Viele der Funktionen sind durch Software realisiert. Da die Geräte sicherheitskritisch sind, müssen sie korrekt und zuverlässig sein. Ziel des Projekts ist es den hohen Qualitätsstandard im Entwicklungsprozess bei Siemens AG Healthcare Sector weiter zu verbessern. Es soll eine höhere Effizienz und Effektivität im Softwareentwicklungsprozess durch den Einsatz von modellbasierten Techniken und durch Erhöhung des Automatisierungsgrads erreicht werden.

*Fördergeber: Siemens AG Healthcare Sector*

**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)*

**European Research and Educational Collaboration with Asia-EURECA**

Ziel des Projekts ist die Bildung eines euroasiatischen, akademischen Mobilitätsnetzes für das Erreichen hervorragender Leistungen 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. Das Projekt wird an der Mälardalen Universität (Schweden) koordiniert und besteht aus 16 vernetzten Bildungseinrichtungen.

*Förderinstitution: EU*

#### Aktuelle Industriekooperationen

- dSPACE GmbH, Paderborn
- Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt
- UNITY AG, Büren
- Robert Wagner, Büro für Softwaretechnik, Gütersloh
- iXtronics GmbH, Paderborn
- Beckhoff Automation GmbH, Verl
- Neuenkirchener Maschinenfabrik Emil Kemper GmbH, Rietberg
- Miele & Cie. KG, Gütersloh
- Wincor Nixdorf International GmbH, Paderborn
- OWL Maschinenbau e.V., Bielefeld
- Lenze SE, Aerzen
- myview systems GmbH, Büren
- Siemens AG, Healthcare Sector, Forchheim
- Telefónica O2 Germany GmbH & Co. OHG, Verl
- ABB Cooperate Research, Ladenburg

#### Wissenschaftliche Kooperationen

- Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA- Prof. Dr. Mary Jean Harrold
- Faculty of Informatics, University of Lugano, Lugano, Schweiz  
Prof. Dr. Mauro Pezze
- Fraunhofer-Institut, Experimentelles Software Engineering, Kaiserslautern  
Prof. Dr. Peter Liggesmeier, Prof. Dr. Dieter Rombach
- Technische Universität Darmstadt, FG Real-Time Systems, Darmstadt  
Prof. Dr. Andy Schürr
- Technische Universität München, Institut für Informatik, Garching  
Prof. Dr. Manfred Broy
- Universität Zagreb, Kroatien  
Prof. Dr. Mario Zagar
- Mälardalen Universität, Schweden  
Prof. Dr. Ivica Crnkovic, Prof. Dr. Sasikumar Punnekkat
- Universität Duisburg-Essen  
Prof. Dr. Klaus Pohl
- University of Massachusetts, Amherst, USA  
Prof. Dr. Leon Osterweil
- Universität Augsburg  
Prof. Dr. Wolfgang Reif
- FH Dortmund  
Prof. Dr. Sabine Sachweh
- Universität Kassel  
Prof. Dr. Albert Zündorf
- Hasso-Plattner-Institut Potsdam  
Prof. Dr. Holger Giese
- OFFIS e.V., Oldenburg  
Prof. Dr. Werner Damm
- KIT und FZI Forschungszentrum Karlsruhe  
Prof. Dr. Ralf Reussner
- Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico Di Milano, Mailand, Italien  
Prof. Dr. Raffaella Mirandola
- Charles University, Prag, Tschechien  
Prof. Dr. Frantisek Plasil

# Fachgruppe Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Publikationen

Blank, A.: *Biomedical Ontology and the Metaphysics of Composite Substances, 1540–1670*, Munich: Philosophia, 2010, 235 pp.

Blank, A.: *Material Souls and Imagination in Late Aristotelian Embryology*. *Annals of Science* 67 (2010): 187–204.

Blank, A.: *Julius Caesar Scaliger on Plant Generation and the Question of Species Constancy*. *Early Science and Medicine* 15 (2010): 266–286.

Blank, A.: *On Interpreting Leibniz's Mill*. In *Interpretation. Ways of Thinking about the Sciences and the Arts*. Edited by Peter Machamer and Gereon Wolters. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2010, 111–129.

Blank, A.: *Leibniz vs. Lamy: How does Confused Perception Unite Soul and Body?* In *The Practice of Reason: Leibniz and his Controversies*. Edited by Marcelo Dascal. Amsterdam: John Benjamins, 2010, 169–186.

Blank, A.: *Jean Fernel on Divine Immanence and the Origin of Simple Forms*. In *Nature et Surnaturel. Philosophies de la nature et métaphysique aux XVIe–XVIIIe siècles*. Edited by Vlad Alexandrescu and Robert Theis. Hildesheim: Olms, 2010, 9–21.

Peckhaus, V.: *Editorial, History and Philosophy of Logic* 31 (2010), 1.

Peckhaus, V.: *¿Adió Descartes? Una rehabilitación pragmática del racionalismo*, in: Pablo Lorenzano/Hernán Miguel (Hgg.), *Filosofía y historia de la ciencia en el Cono Sur*, Bd. 2, C.C.C. Educando: Buenos Aires 2008, 441–453.

Peckhaus, V.: *Rezension: Johann Heinrich Lambert. Philosophische Schriften. Vol. VIII: Kleinere philosophische Abhandlungen und Rezensionen*, edited by A. Emmel and A. Spree, Georg Olms Verlag, Hildesheim, Zurich and New York 2007, Part 1: XLII + pp. 1–474; Part 2: S. 475–763, *Bulletin of Symbolic Logic* 14 (2008), 267–268.

Peckhaus, V.: *Rezension: Special Issue: Leopold Löwenheim (1878-1957)*, edited by C. Thiel, *History and Philosophy of Logic*, vol. 28, no. 4 (November 2007). Taylor & Francis, Abingdon, Oxon, UK, pp. 289–336, *Bulletin of Symbolic Logic* 14 (2008), 272–273.

Peckhaus, V.: *Robert und Hermann Grassmann's Influence on the History of Formal Logic, Videomitschnitt des Vortrags*, in: Hans-Joachim Petsche/Peter Lenke (Hgg.): *International Grassmann Conference. Hermann Grassmann Bicentennial*: Potsdam and Szczecin, 16.–19. September 2009. Video Recording of the Conference, Universitätsverlag: Potsdam 2010.

Peckhaus, V.: *6 Rezensionen in Mathematical Reviews* 2009.

Peckhaus, V.: *6 Rezensionen in Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete* 2009.

## Habilitation

PD Dr. phil. *Andreas Blank*

### **Animals, Plants, and the Metaphysics of Composite Substances, 1540-1670**

Diese Arbeit untersucht frühneuzeitliche Theorien der zusammengesetzten Substanzen und ihre Bedeutung für frühneuzeitliche Auffassungen der Natur von Pflanzen und Tieren. Die Metaphysik der zusammengesetzten Substanzen liegt verschiedenen Themen in der frühneuzeitlichen Ontologie der Lebewesen zugrunde. So wurde sie angewendet in Erklärungen der Komplexität und Einheit eines Lebewesens, in Konzeptionen der Struktur von Pflanzen- und Tiersamen, in Erwägungen zur Natur und Wandelbarkeit von biologischen Arten, in physiologischen Theorien der Rolle der Imagination in der biologischen Reproduktion, in der Charakterisierung von Entitäten und Prozessen, die für Krankheiten verantwortlich sind, und in Überlegungen zum Verhältnis zwischen Lebewesen und göttlicher Kausalität. Obwohl die Metaphysik der zusammengesetzten Substanzen von ihrer Inspiration her auf vormoderne Muster zurückgeht, spielt sie eine noch nicht ausreichend verstandene Rolle in der Entwicklung der modernen Philosophie. Dieser Band konzentriert sich deshalb auf Denker, die als Übergangsfiguren paradigmatisch sind als Figuren, die dazu beitragen können, den komplexen Prozess zu verstehen, in der mittelalterliche, nicht-mechanistische Konzeptionen der Struktur von Lebewesen in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts von mechanistischen Konzeptionen ersetzt wurden.

## Messen, Tagungen, Seminare

*XLVII. Symposium der Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte: Skriptorium – Labor – Rechenzentrum: Räume zwischen Materialisierung und Idealisierung*

Heinz Nixdorf MuseumsForum (Volker Peckhaus, gefördert von der Westfalen-Stiftung)  
13.–15. Mai 2010

*Internationaler Workshop "Recent Studies in the History and Philosophy of Logic"*

Universität Paderborn (Volker Peckhaus, gefördert aus Eigenmitteln)  
25.–26. Juni 2010

*Workshop der European Science Foundation: Philosophy of Science in a European Perspective: Historical Debates about Logic, Probability and Statistics*  
Hotel Campus Lounge, Paderborn (Volker Peckhaus, gefördert von der European Science Foundation)  
9.–10. Juli 2010

*Internationaler Workshop "Formal Systems and Their Interpretations"*

Universität Paderborn (Volker Peckhaus, gefördert von der DFG im Rahmen des DFG-Conicet Cooperation Program)  
15. Oktober 2010

## Weitere Funktionen

- Dekan der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn
- Mitglied des Senats der Universität Paderborn
- Mitglied der Interakademischen Leibniz-Kommission (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*
- 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*
- Mitglied des Editorial Boards der Zeitschrift *British Journal for the History of Philosophy*

## Aktuelle Forschungsprojekte

*Mitwirkung im Editionsprojekt Oskar Becker (V. Peckhaus)*

*Förderinstitution: DFG*

*Mitwirkung an der Englischen Übersetzung von David Hilbert/Paul Bernays, Grundlagen der Mathematik, Bd. 1, 1934 (V. Peckhaus).*

*Mitwirkung an der Herausgabe der Werke von Paul Bernays (V. Peckhaus).*

*Deutsch-argentinische Kooperation: Form und Inhalt in der Geschichte der modernen Logik, gefördert im Rahmen des Programms DFG/CONICET 2008 (V. Peckhaus).*

*Algebra der Logik und Logische Algebra – Zu einer Vorgeschichte der Modelltheorie, Eigenprojekt (A.-S. Heinemann).*

*Modell und Struktur in A. N. Whiteheads Naturphilosophie, Eigenprojekt (A.-S. Heinemann).*

# So finden Sie das Heinz Nixdorf Institut:

## Anreise mit dem Auto

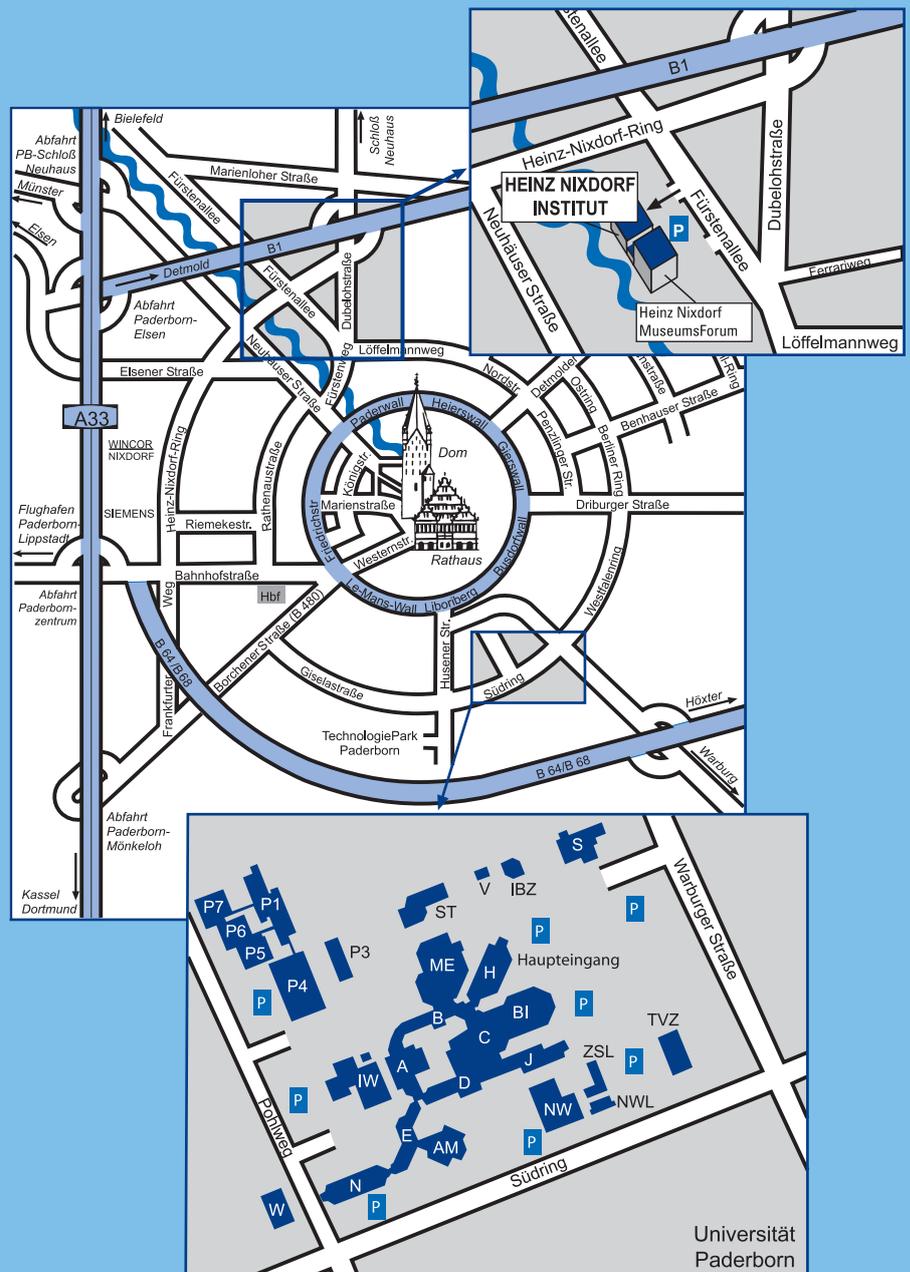
Verlassen Sie die Autobahn A33 an der Ausfahrt Paderborn-Elsen. Biegen Sie auf die Bundesstraße B1 und folgen der Beschilderung nach Bad Lippspringe/Detmold. Nach ca. 1,5 km fahren Sie an der Ausfahrt Paderborn/Schloss-Neuhaus von der Bundesstraße B1 ab. An der Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) 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 ein Taxi (Fahrzeit: 25 Minuten, ca. 35 Euro) oder die Busverbindung: 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 ein Taxi (Fahrzeit: 10 Minuten, ca. 8 Euro) oder die Busverbindung: Buslinie 11 in 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. Reinhard Keil  
(Vorstandsvorsitzender)

## Redaktion & Koordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 62 13  
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) 52 51 | 60 62 11  
Telefax: +49 (0) 52 51 | 60 62 12  
<http://www.hni.uni-paderborn.de>

## Auflage

1.200 Exemplare

## Realisierung und Herstellung

Julia Jarosch  
Lina Kilp  
Franziska Reichelt  
Anna Steinig

## 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 31.12.2010

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)52 51 | 60 62 11  
Telefax +49(0)52 51 | 60 62 12  
<http://www.hni.uni-paderborn.de>