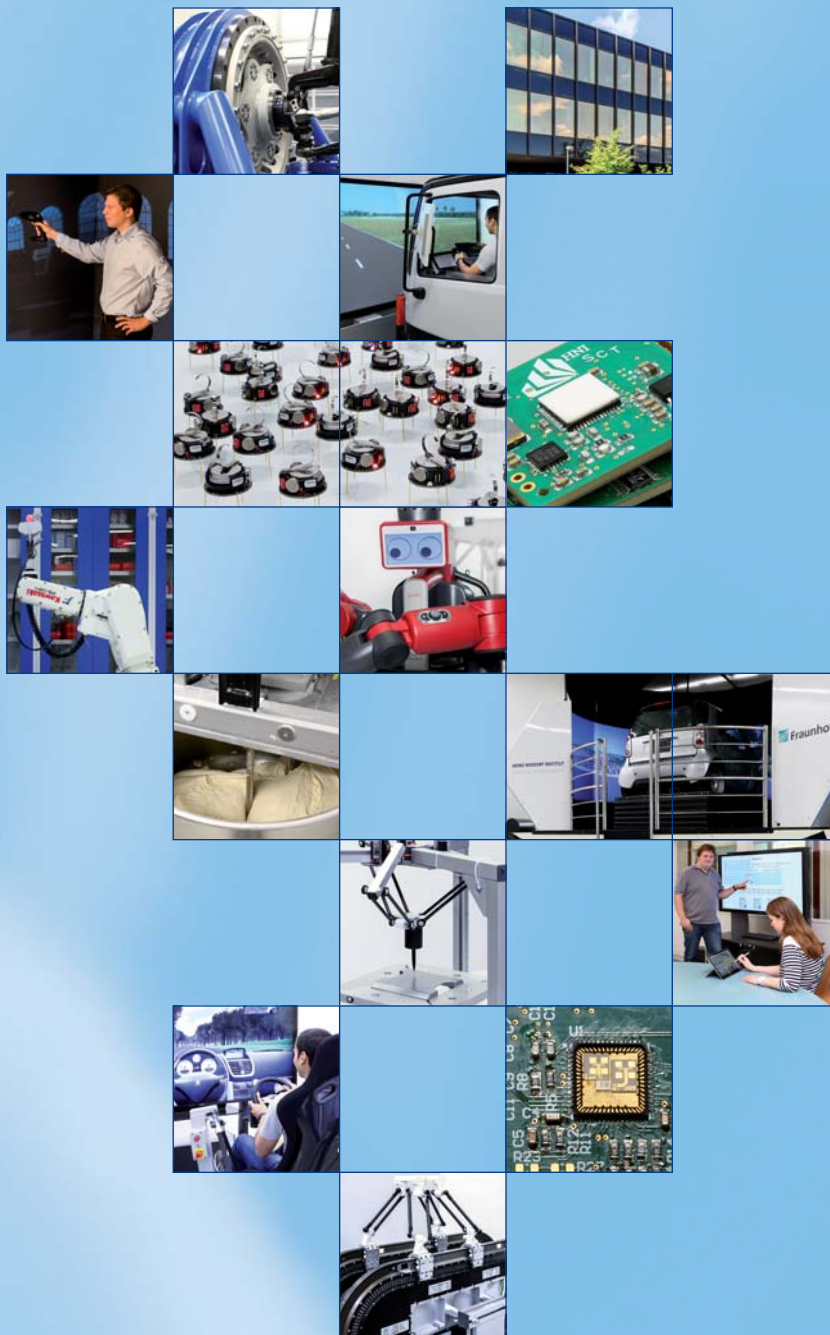


# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



## **Mitglieder des Vorstands**

### **Members of board of directors**

#### **Gruppe der Professoren:**

##### **Professor group:**

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Seniorprofessor)  
Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide (Vorsitzender/chairman)\*  
em. Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus\*  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig (Seniorprofessor)  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt\*  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler\*

\* Mitglieder im geschäftsführenden Vorstand

\* Members of Executive Board

#### **Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter:**

##### **Academic staff:**

M. Sc. Markus Benter  
Dr. rer. nat. Wolfgang Müller

#### **Gruppe der weiteren Mitarbeiter:**

##### **Non-academic staff:**

Wilfried Bröckelmann

#### **Gruppe der Studierenden:**

##### **Student group:**

Sebastian Eßfeld

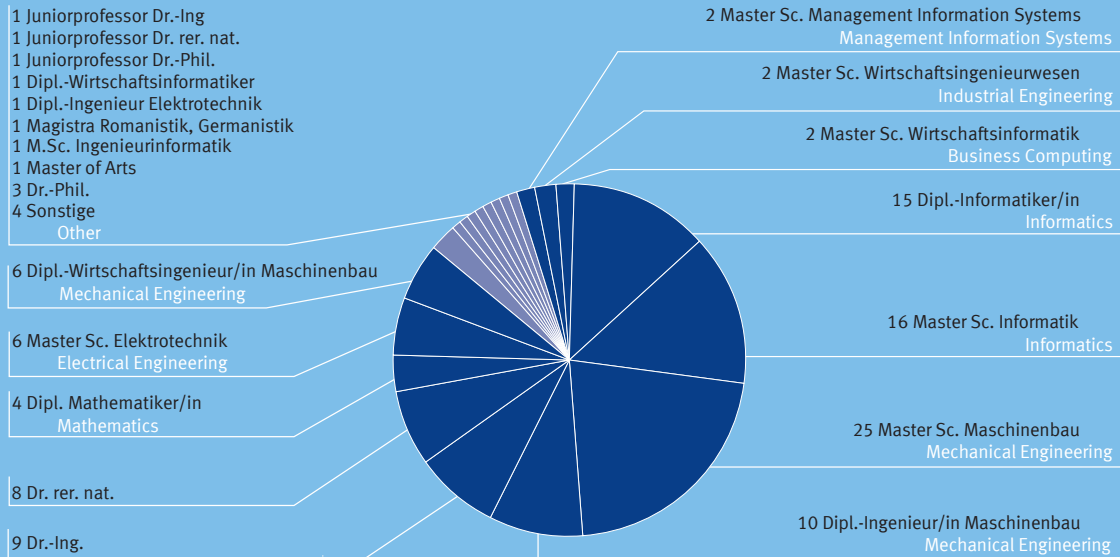
## **Mitglieder des Kuratoriums**

### **Members of curatorship**

Michael Dreier, Bürgermeister der Stadt Paderborn  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Dr.-Ing. Horst Nasko, stv. Vorsitzender der Stiftung Westfalen  
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Technische Universität München  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer, Präsident der Universität Paderborn  
Dr. Eduard Sailer, Miele & Cie. KG  
Prof. Dr. Holm Tetens, Freie Universität Berlin  
Prof. Dr. Klaus Waldschmidt, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Prof. Dr. Dorothea Wagner, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

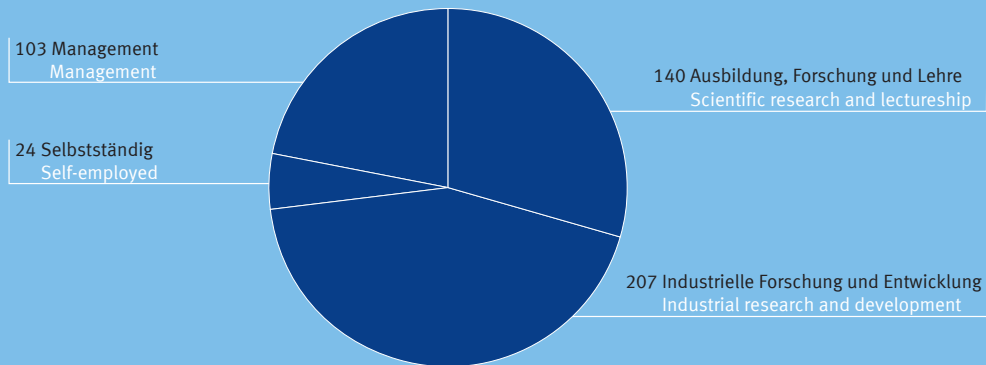
## Das Institut in Zahlen Instituts statistics

### Akademisches Profil des interdisziplinären Instituts Academic profile of the interdisciplinary institute



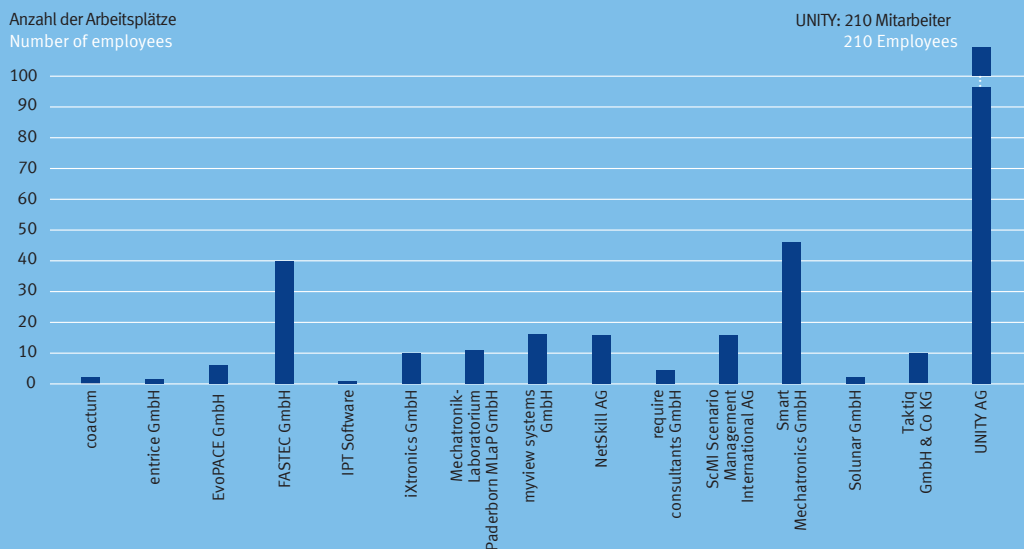
### Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen Activities of employees with PhD

(seit Gründung des Instituts 1987)  
(since foundation of the institute 1987)



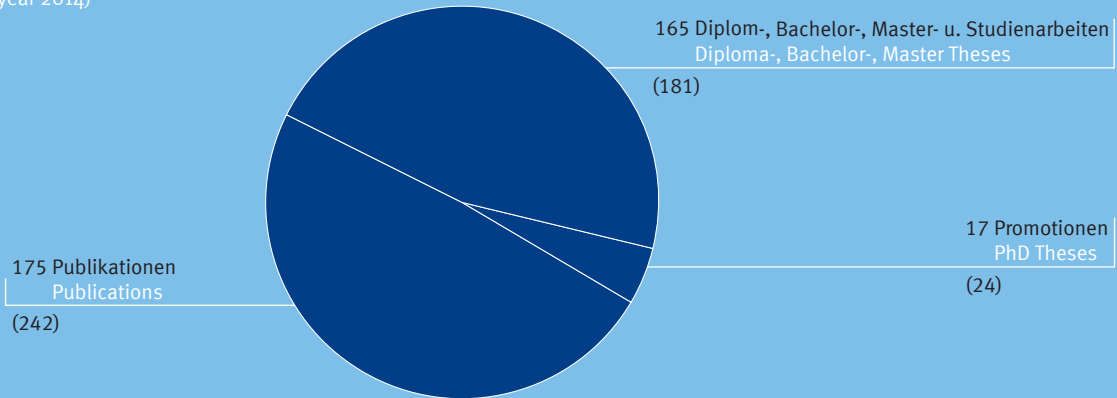
### Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut Jobs at spin-offs of the Heinz Nixdorf Institute

Anzahl der Arbeitsplätze  
Number of employees



## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen Scientific results and publications

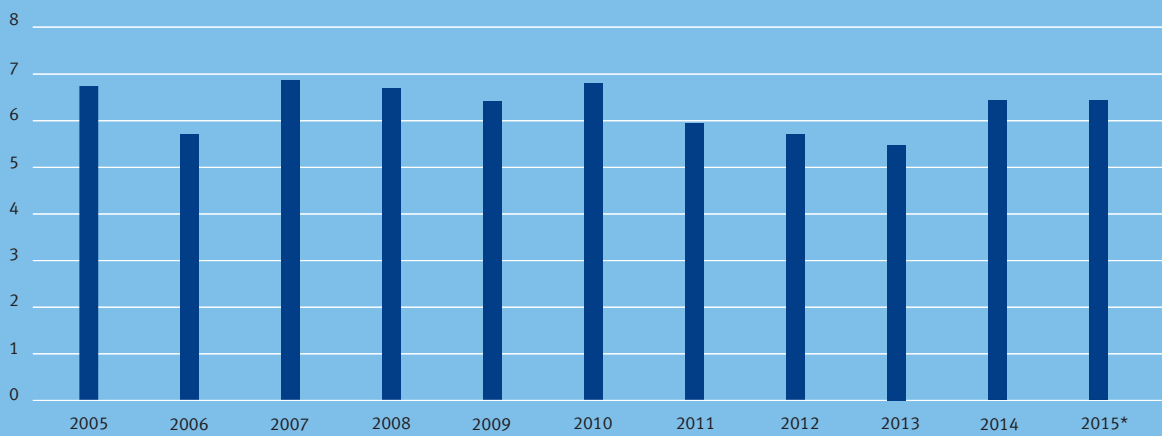
(Vorjahr 2014)  
(Previous year 2014)



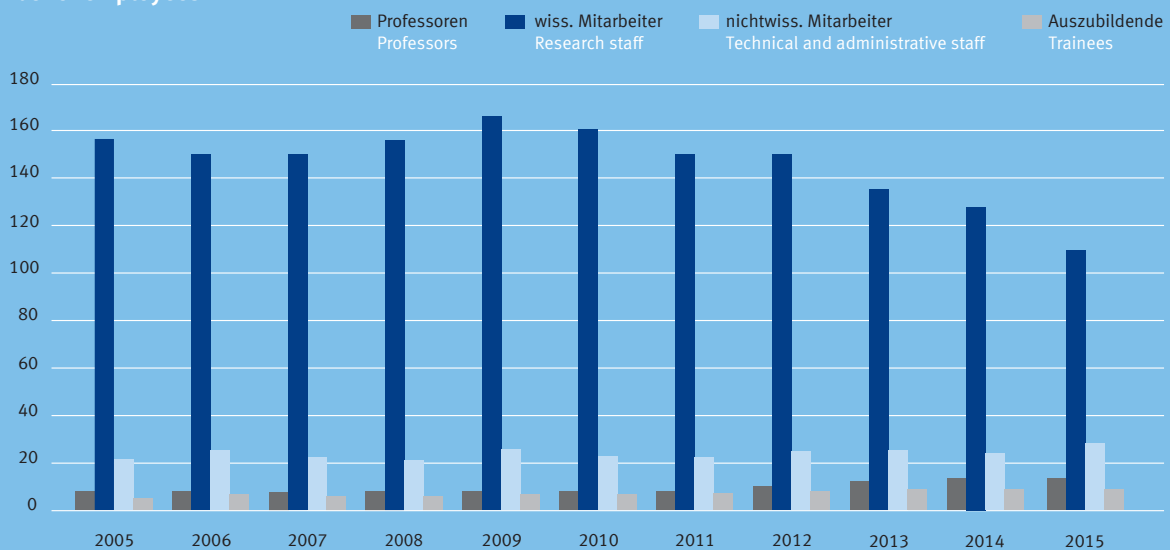
## Drittmittel External funds

Drittmittel in Mio. EURO  
Third-party funds in Mill. EURO

\*geschätzter Wert  
\*estimated value



## Anzahl der Beschäftigten Number of employees



# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



Jahresbericht  
Annual Report **2015**

---

## Wir sind ...

---

... ein interdisziplinäres Forschungsinstitut; unser Ziel sind intelligente technische Systeme.

Auf dem Weg zu diesen Systemen wachsen Informatik und Ingenieurwissenschaften zusammen. Dies bestimmt unser Denken und Handeln: Wir entwerfen kühne Konzeptionen für intelligente technische Systeme, die anpassungsfähig und robust sind, die vorausschauend handeln und benutzungsfreundlich sind. Das erfordert neue Herangehensweisen und Techniken, die wir liefern. Unsere Leitidee ist eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen.

Innovation braucht Spitzenkräfte. Wir vermitteln unserem Nachwuchs die Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen, auf die es künftig ankommt, und bereiten ihn auf die Übernahme von Verantwortung in Wirtschaft und Wissenschaft vor. Pro Jahr promovieren bei uns etwa 30 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

---

## We are ...

---

...an interdisciplinary research institute. Our goal: intelligent technical systems.

The way to these systems is via increased integration of computer science and engineering. This shapes the way we think and act: we develop bold concepts for intelligent, adaptable and robust technical systems that think ahead and are user-friendly. Developing these systems requires new approaches and new techniques – and we deliver both. Our aim is to be a new school for the design and development of tomorrow's technological systems.

Innovation requires top-class minds. We teach our talented young people the expertise, methodology and social skills that the future demands and prepare them for taking up responsible positions in business and science. Every year, around 30 young researchers complete their doctorate at our institute.

---

## Inhalt

---

### Allgemeine Darstellung

Umschlag vorne	Das Institut in Zahlen
Seite 6	Unser Leitbild
Seite 8	Unser Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte
Seite 34	Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik
Seite 38	Internetportale für die Praxis
Seite 40	Internationalität
Seite 42	Engagement in der Nachwuchsförderung

### Fachgruppen des Instituts

Seite 52	Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos
Seite 64	Strategische Produktplanung und Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Seniorprofessor)
Seite 76	Produktentstehung Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler
Seite 88	Kontextuelle Informatik Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil
Seite 100	Algorithmen und Komplexität Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Jun.-Prof. Dr. Heiko Hamann Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik
Seite 116	Seniorprofessur Prof. Rammig Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig
Seite 120	Softwaretechnik Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer
Seite 132	Schaltungstechnik Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

---

## Contents

---

### General description

Institute Statistics	Cover inside
Our Guiding Principles	Page 7
Our Research Programme and Priority Projects in Research	Page 9
Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design	Page 35
Internet Portals for Practice	Page 39
Internationality	Page 41
Commitment to Support Young Researchers	Page 43

### Workgroups of the Institute

Business Computing, especially CIM Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier Assistant Prof. Dr. Michaela Geierhos	Page 53
Strategic Product Planning and Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Senior Professor)	Page 65
Product Creation Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler	Page 77
Contextual Informatics Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil	Page 89
Algorithms and Complexity Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Assistant Prof. Dr. Heiko Hamann Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik	Page 101
Senior Professorship Prof. Rammig Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig	Page 117
Software Engineering Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer	Page 121
System and Circuit Technology Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt	Page 133

Seite 144 **Regelungstechnik und Mechatronik**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

## Assoziierte Fachgruppe

Seite 156 **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Control Engineering and Mechatronics **Page 145**  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

## Associated Workgroup

Philosophy of Science and Technology **Page 157**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

---

## Weitere Aktivitäten

Seite 164 **Publikationen**  
**Promotionen**  
**Messen, Tagungen, Seminare**  
**Patente, Preise, Auszeichnungen**  
**Weitere Funktionen**  
**Spin-Offs**  
**Aktuelle Forschungsprojekte**  
**Aktuelle Industriekooperationen**  
**Wissenschaftliche Kooperationen**

Seite 198 **So finden Sie uns**

Seite 199 **Impressum**

---

## Additional Activities

**Publications** **Page 165**  
**PhD Theses**  
**Fairs, conferences, seminars**  
**Patents, prizes, awards**  
**Additional functions**  
**Spin-offs**  
**Current research projects**  
**Current industry cooperations**  
**Scientific cooperations**

**How to find us** **Page 198**

**Imprint** **Page 199**





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

Technological progress is not achieved by revolution, but by evolution, an endless series of tiny steps, which must be taken constantly.

## Unser 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. Die zentralen Herausforderungen unserer Zeit verlangen Innovationen, die allerdings das Vertraute ersetzen werden. In der Folge finden immer weniger Menschen in den klassischen Bereichen der Industrie Beschäftigung, weshalb viele den Wandel als Bedrohung empfinden und das Erreichte erhalten möchten. Diese Entwicklung eröffnet aber große Chancen und Gestaltungsmöglichkeiten. Es zeichnen sich neue Leistungsbereiche und Arbeitsplätze ab. Wir haben die Kompetenzen und die Kraft, die Zukunft zu gestalten. Wir wollen diese einsetzen, um Perspektiven zu erarbeiten und Zuversicht zu erzeugen.

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

### Intelligente technische Systeme für die Märkte von morgen

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, den Wohlstand zu erhalten und die nachhaltige Entwicklung zu fördern.

### Balance von Grundlagenforschung und angewandter Forschung

Wir wollen ein führendes Forschungsinstitut sein. Um diesem Anspruch gerecht

zu werden, müssen wir der Praxis entscheidende Impulse geben können, aber auch die Probleme von morgen frühzeitig erkennen und an deren Lösung arbeiten. Grundlagenforschung, die neue Erkenntnisse bringt und neue Möglichkeiten eröffnet, und angewandte Forschung, die einen aktuellen Praxisbezug aufweist, haben für uns den gleichen Stellenwert.

### Engagement in der Nachwuchsförderung

Wir engagieren uns intensiv in der Lehre und der Ausbildung unserer Studierenden, Doktorandinnen und Doktoranden und 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 Absolvent/inn/en sollen einen adäquaten Arbeitsplatz in der Wirtschaft bzw. im wissenschaftlichen Umfeld erhalten.

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

## Our Guiding Principles

We are currently experiencing a shift away from a multitude of national industrial societies towards a single global information society. Information and communication technology pervade all areas of life; yesterday's borders are no longer relevant today. The crucial challenges of the modern age demand innovations that will eventually replace what we have come to know and trust. As a result, the number of people working outside the classic areas of industrial employment continues to fall; many of them regard the change as a threat and strive to preserve the status quo. This shift, however, also opens up a huge range of opportunities and creative possibilities. Completely new jobs and service areas are emerging. We have the skills, knowledge and energy to shape tomorrow's world. We want to apply them to the creation of attractive prospects and confidence in the future.

Prosperity requires three things: employment, innovation and education. Everything we do is based on this guiding principle.

### Intelligent technical systems for the markets of tomorrow

The symbiosis of computer science and engineering forms the core of our research. The resulting impulses are a catalyst for the intelligent technical systems and corresponding services for the global markets of tomorrow. We want our work to contribute to the creation of new employment opportunities, the preservation of the current level of prosperity and the promotion of sustainable development.

### Balance between fundamental research and applied research

We want to be a leading research institute. To achieve this goal, we need to

send the right impulses for industry to put into practice. We also need to anticipate the problems of tomorrow early on and work on finding solutions. We attach the same importance to fundamental research – which reveals new insights and opens up new opportunities – as we do to applied research, with its vital practical relevance.

### Commitment to supporting young talent

We are deeply committed to providing our students and postgraduate doctoral candidates with all the training and education required to equip them with the skills and knowledge they will need to shape the future.

### Measurable goals

Any action strategy must be measurable in terms of success. We set ourselves three main benchmark objectives:

- 1) Excellent research performance. Our measurement criteria are the amount of third-party funding, the number of doctoral and postdoctoral degrees awarded and the number of publications in reputable journals.
- 2) Creating real benefits for the economy that result in innovative products, services and operational processes. Our measuring indicators here are the number of cooperation agreements with industry and the number of new spin-off companies.
- 3) The placement of our graduates in suitable employment in industry or in scientific circles.

The pursuit of these principles follows the intention of Heinz Nixdorf, the initiator of our institute.

## Unser Forschungsprogramm



Wir haben 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, des Maschinenbaus, der Verkehrstechnik, der Elektroindustrie und der Medizintechnik. Der Markterfolg der Erzeugnisse dieser Industrien wird künftig durch Ressourceneffizienz, Usability und Verlässlichkeit besonders stark bestimmt.

Die technischen Systeme von morgen müssen sich durch Ressourceneffizienz, Usability und Verlässlichkeit auszeichnen.

- **Ressourceneffizienz:** Damit orientieren wir uns am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung; Handlungsbereiche sind beispielweise energieeffiziente Maschinen und Kraftfahrzeuge.
- **Usability:** Technische Systeme sollen zunehmend intelligente und aktive Schnittstellen haben, die eine natürliche und intuitive Bedienung erlauben. Dazu werden sie moderne Interaktionen wie aktive Displays, Berührung, Gesten oder Sprache nutzen, die Informationen situationssensitiv verarbeiten, Bedienungsunterstützung (teil-)selbstständig anbieten und sich dabei an den Nutzer anpassen. Die hier adressierten Systeme müssen dem Benutzer nachvollziehbar erklären können, warum sie welche Aktion durchführen.
- **Verlässlichkeit:** Diese in der Informatik definierte Eigenschaft schließt die Verfügbarkeit, die Zuverlässigkeit und die Sicherheit von technischen Systemen ein und gewährleistet die Vertraulichkeit.

Dies erfordert neue Ansätze zur Gestaltung der technischen Systeme von morgen: Die Informationstechnik und auch nicht-technische Disziplinen, wie die Neurobiologie, bringen eine

Vielfalt an Methoden, Techniken und Verfahren hervor, mit denen sensorische, aktorische und kognitive Funktionen in technische Systeme integriert werden, die man bislang nur von biologischen Systemen kannte. Derartige Systeme bezeichnen wir als Intelligente Technische Systeme. Der Entwurf, die Kontrolle und die Realisierung solcher Systeme erfordern neuartige Herangehensweisen und stellen die interdisziplinäre Forschung vor neue Aufgaben.

### Wir wollen eine neue Schule des Entwurfs technischer Systeme erarbeiten und etablieren.

Diese umfasst prinzipiell Vorgehensmodelle, Spezifikations- und Modellierungstechniken, dedizierte Methoden und IT-Werkzeuge zur Synthese und Analyse sowie Aus- und Weiterbildungsprogramme. Das Ganze soll auf einer wohlfundierten Theorie beruhen und die in den Unternehmen mit der Produktentstehung befassten Entwickler/innen erreichen. Die konzeptionelle Plattform bilden zum einen bisherige 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 vom Konzept bis zur Betriebs-

## Our Research Programme

We primarily focus on technical systems that are based on the interplay between engineering, science, and informatics. Typically, such systems yield products in the field of information technology, communication technology, mechanical engineering, automotive and transport engineering, and the electrical and medical industry. The market success of products deriving from these industries will, in future, be largely determined by resource efficiency, usability, and reliability.

The technical systems of tomorrow must display resource efficiency, usability, and reliability.

- **Resource Efficiency:** We are guided by the principles of sustainable development; we are active in such fields as energy-efficient machines and motor vehicles.
- **Usability:** Technical systems are required to possess more and more intelligent and active interfaces allowing users natural and intuitive handling. These systems will encourage modern interaction using displays, touch, gesture, or speech for flexible information processing according to the situation, as well as offering partly or wholly independent operator assistance adapted to the needs of the individual user. The systems addressed here must be able to give the user a clear explanation of why certain actions are carried out.
- **Reliability:** The clearly-defined IT term comprises the availability, dependability, and security of technical systems and is an expression of their ensured confidentiality.

All of the above demands new approaches for the creation of the technical systems of tomorrow; it includes information technology and non-technologically oriented disciplines. This interdisciplinary approach offers a wide range of methods,

techniques, and processes with which sensor, actuator, and cognitive functions – that were up until now only known to exist in biological systems – can be integrated into technical systems. Such systems are termed intelligent technical systems; their design, control, and realisation require new approaches and presents interdisciplinary research with new challenges.

### We want to develop and establish a new school of thought for the design of technical systems.

In principle, this new school of thought considers procedure models, specification, and modelling techniques, fixed methods and IT tools for syntheses and analyses. It also includes training and education programmes. This approach should be based on sound theory and must appeal to product developers and designers in the target companies. The creation of the basic conceptual platform is in an ongoing process that combines the work completed to date and systems engineering, in general. Systems engineering is intentionally cross-domain. It is a functional and target-oriented approach for the creation of complex systems that aims to integrate a variety of different domains and describe a structured process of development starting with the

phase einen strukturierten Entwicklungsprozess zu beschreiben. Nach wie vor ist Systems Engineering eine kühne Vision, die es zu verwirklichen gilt. Heute ist es noch mehr eine Sammlung von Praktiken denn eine umfassende, in sich schlüssige Schule des Entwurfs komplexer multidisziplinärer Systeme. Vor diesem Hintergrund eröffnet sich für uns eine ausgezeichnete Möglichkeit zur Profilierung: Wir wollen uns als das führende Institut auf dem Gebiet Systems Engineering positionieren.

**Strukturierung unseres Forschungsprogramms**

Wir gliedern unser Forschungsprogramm entlang der Dimensionen Forschungskompetenzen und Anwendungsbereiche. Die Dimension Forschungskompetenzen verdeutlicht die Schwerpunkte unserer Forschungsarbeiten. Die Dimension Anwendungsbereiche zeigt, wofür wir diese Kompetenzen einsetzen, um gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen zu erzeugen.

**Forschungskompetenzen**

Als interdisziplinäres Forschungsinstitut bündeln wir die Forschungskompetenzen unserer Fachgruppen im Hinblick auf die gemeinsam erarbeitete Zielsetzung des Entwurfs intelligenter technischer Systeme. Unser gemeinsamer Fokus liegt aus heutiger Sicht auf den folgenden vier Bereichen:

- 1) Selbstkoordination, Selbstoptimierung und Rekonfiguration: Wir können heute das Phänomen beobachten, dass komplexe Systeme funktionieren, obwohl es keine zentrale Koordination gibt. Diesen Systemen ist ein hoher Grad an Verteilung, Volatilität und Emergenz gemeinsam. Ihr Betrieb kann weder zentral beobachtet noch zentral gesteuert werden. Stattdessen gilt es, Konzepte für dezentralen Entwurf, Realisierung, Wartung und Adaption zu erforschen.
- 2) Mechatronik und Sensorik in verteilten Systemen: In verteilten Systemen agiert eine mechatronische Komponente

in einem Verbund vernetzter Teilsysteme, die miteinander kommunizieren und kooperieren. Es sind Softwarelösungen gefragt, die eine nachweisbare Übertragungsqualität garantieren. Mehrschichtige Softwarearchitekturen, um dieses Ziel zu erreichen, sind ein wichtiges Forschungsthema.

- 3) Entwurfsmethodik: Im Sinne der Nutzerzentrierung steht hier „Voice of the Customer“ im Mittelpunkt der Entwurfsmethodik. Nur so können Zusatzfunktionen und -dienste identifiziert werden, die den Endkunden überraschen und begeistern. Ziel ist eine durchgängige modellbasierte Entwurfsumgebung, die bei den Anforderungen beginnt und sämtliche Phasen des Entwurfs bis zur Inbetriebnahme umfasst.
- 4) Strategische Planung und Wissensorganisation: Die konsequente Ausrichtung am Kundennutzen führt zu Systemen, die den Kunden begeistern. Hierfür muss Kenntnis über die Art und Weise der Verwendung ähnlicher Produkte gewonnen werden. Auf Basis dieser Daten werden sog. Anwendungsszenarien generiert.

**Anwendungsbereiche**

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

- 1) Intelligente Technische Systeme, Cyber-Physical Systems
- 2) Verteilte IT-Systeme
- 3) Wissensbasierte soziotechnische Systeme

Die unten dargestellte Grafik zeigt vier repräsentative Forschungs- und Entwicklungsprojekte; einige werden auf den folgenden Seiten vorgestellt.

Research Competencies / Application Areas	1 Self-Coordination, Self-Optimisation and Reconfiguration	2 Mechatronics and Sensing in Distributed Systems	3 Design Methodology	4 Strategic Planning and Knowledge Management
A Intelligent Technical Systems, Cyber-Physical Systems	it's OWL	it's OWL	it's OWL	it's OWL
B Distributed IT-Systems	SFB 901	TRAFFIS	TRAFFIS	
C Knowledge-Based Sociotechnical Systems				e-lab

Die Struktur des Forschungsprogramms des Heinz Nixdorf Instituts und darin positionierte Schwerpunktprojekte  
Structure of Heinz Nixdorf Institute's research programme and the positioning of priority projects in this structure

concept and extending well into the operational phase. Systems engineering remains a bold vision; a vision we want to turn into reality. Today, systems engineering is more of a compilation of practices than a comprehensive, coherent school of thought for the design of complex multidisciplinary systems. In the light of this, we see a whole panorama of potential opportunities for us make our profile and position clear: we intend to establish ourselves as the leading systems engineering institute.

**Structuring our research programme**

We structure our research programme in the two dimensions research competencies and application areas. The dimension research competencies elucidates the emphases of our research work. The dimension application area shows the purpose for which we use our competencies in order to induce societal and economic value.



Das Kuratorium des Heinz Nixdorf Instituts. Das Forschungsprogramm wird mit den Kuratoren diskutiert und gemeinsam verabschiedet. The curatorship of the Heinz Nixdorf Institute. The research programme is discussed and approved together with the curators.

- SFB 901: Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“ (Seite 12)  
Collaborative research centre 901 “On-The-Fly Computing” (Page 13)
- e-lab: Entwicklung von E-Learning-Szenarien für das alltägliche Lernen (www.hni.upb.de/koi/projekte/e-lab)  
Developing e-learning scenarios for everyday learning (www.hni.upb.de/en/koi/projects/e-lab)
- it's OWL: Spitzencluster it's OWL (Seite 20)  
Leading-edge cluster it's OWL (Page 21)
- TRAFFIS: Test- und Trainingsumgebung für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme (Seite 28)  
Test and trainings environment for advanced driver assistance systems (Page 29)

**Research expertise**

As an interdisciplinary research institute, we combine the research expertise of our different workgroups to achieve the jointly defined objective of designing intelligent technical systems. Our current common focus is on the following three areas:

- 1) Self-coordination, self-optimisation and reconfiguration: Nowadays we can observe the phenomenon that certain complex systems function although they exhibit no central coordination. Such systems have typically a high degree of distribution, volatility, and emergence in common. Their operation can neither be observed centrally nor controlled centrally. Instead it is essential that concepts for the decentralised design, realisation, maintenance, and adaption are investigated.
- 2) Mechatronics and sensing in distributed systems: In distributed systems mechatronic components operate in a network and represent individual subsystems which communicate and cooperate with each other. Software solutions are needed which guarantee quality of service. Furthermore multi-layered software architectures are needed to achieve this goal representing an important research goal.
- 3) Design methodology: The “Voice of the Customer” is at the center of a customer-oriented design methodology. Only in this way functions and services which generate added value for the customer can be identified surprising and exciting the end customer. An important target is a comprehensive model-based design environment which starts at the requirement definitions and comprises all phases of the design.
- 4) Strategic planning and knowledge management: The consequent orientation on customer value leads to systems which excite the customer. To this end the knowledge about the way similar products are used by the customer has to be gained. On the basis of such data application scenarios are generated.

**Fields of application**

Here, our emphasis lies on the implementation of real technical systems offering real benefits or fulfilling real requirements. This process should be carried out in close collaboration with the business sector, thus promoting the exchange of experiences and practices and validating the tried and tested procedures we have created. The following fields of application are currently the most important from our point of view:

- 1) Intelligent Technical Systems, Cyber-Physical Systems
- 2) Distributed IT-Systems
- 3) Knowledge-based socio-technical systems

The figure shows four representative research and development projects; some of these projects are presented in the following.

## Individualisierte IT-Dienstleistungen in dynamischen Märkten

Sonderforschungsbereich (SFB) 901 „On-The-Fly Computing“



Das Ziel des SFB 901 ist die Entwicklung von Methoden zur automatischen On-The-Fly-(OTF)-Konfiguration und Ausführung individueller IT-Dienstleistungen aus auf weltweiten Märkten verfügbaren Services. Neben der Konfiguration solcher Dienste durch spezielle OTF Provider und deren Ausführung durch spezielle OTF Compute Center umfasst dies die Entwicklung von Methoden zur Qualitätssicherung, Sicherheit, Interaktion und Marktentwicklung.

Heute stehen wir am Beginn eines neuen Abschnitts in der Entwicklung und Ausführung von IT-Dienstleistungen. Wir sehen erste Ansätze zur Abkehr von dem 40 Jahre alten Prinzip der Beschaffung von Software durch Einkauf von teuren, relativ unflexiblen Standardlösungen beziehungsweise der noch teureren Erstellung durch Softwarehäuser oder eigene Softwareabteilungen. Mit Grid und Cloud Computing wird es möglich, IT-Dienstleistungen und ihre benötigten Ressourcen nur bei Bedarf und nur in der benötigten Form einzukaufen. Mit den Serviceorientierten Architekturen stehen Methoden zur Verfügung, Software zumindest unternehmensintern flexibel zusammenzustellen. Diese ersten Ansätze für eine neue Art der Erbringung von IT-Dienstleistungen bilden den Ausgangspunkt für die Forschungen im Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“.

Die Vision des „On-The-Fly Computing“ sind Services, die von individuell und automatisch konfigurierten und zur Ausführung gebrachten IT-Dienstleistungen auf Märkten frei gehandelt und flexibel kombiniert werden können. Gleichzeitig zielt der SFB 901 auf die Organisation von Märkten ab, deren Teilnehmer durch geeignetes unternehmerisches Handeln einen lebendigen Markt der Services aufrechterhalten. Mit dieser Vision schaut der

SFB 901 weit in die Zukunft der IT-Entwicklung und -Nutzung, deren erste Wandlungen wir aber schon heute erleben.

Um zu erforschen, inwieweit diese Vision realisierbar ist, werden Methoden und Techniken entwickelt, die

- eine weitestgehend automatische Konfiguration, Ausführung und Adaption von IT-Dienstleistungen aus Services ermöglichen, die auf Märkten weltweit verfügbar sind,
- die Sicherung der Qualität der so erbrachten Dienstleistungen und den Schutz der Akteure in den Märkten garantieren sowie
- die Organisation und die Weiterentwicklung dieser Märkte und die für diese Aufgaben notwendige Interaktion zwischen den Akteuren unterstützen.

Um diese Ziele zu erreichen, arbeiten Informatiker aus unterschiedlichen Disziplinen wie Softwaretechnik, Algorithmik, Rechnernetze, Systementwurf, Sicherheit und Kryptografie mit Wirtschaftswissenschaftlern zusammen, die ihre spezifische Expertise einbringen. So können die Organisation und Weiterentwicklung des Marktes vorangetrieben werden.

## Individualised IT Services in Dynamic Markets

Collaborative Research Centre (CRC) 901 “On-The-Fly Computing”

**SFB 901**  
ON - THE - FLY COMPUTING

The objective of this CRC 901 is to develop methods for automatic On-The-Fly (OTF) configuration and the provision of individual IT services out of base services that are available on worldwide markets. In addition to the configuration by special OTF service providers and the provision of services what are known as OTF Compute Centers, this involves developing methods for quality assurance, security, interaction and market developments.

Today we find ourselves at the start of a new era in the development and implementation of IT services. We are witnessing the beginnings of a shift away from the 40-year-old principle of either acquiring software by purchasing expensive, relatively inflexible standard solutions or relying on the even more expensive method of commissioning customised solutions from external software companies or in-house software departments. With Grid and Cloud Computing, it is now possible to purchase IT services and their essential resources only when necessary and only in the required form. The service-oriented architectures provide methods to put together software at the in-house level, at a minimum. These initial advances towards a new way of providing IT services are the starting point for the research activities in the CRC 901 “On-The-Fly Computing”.

The vision of “On-The-Fly Computing” is one of individually and automatically configured and implemented IT services, consisting of flexibly combinable services that are available on free markets. At the same time, CRC 901 is aimed at organising markets whose participants maintain a lively service landscape by dedicated entrepreneurial action. With this vision, CRC 901 looks far into the future of IT development and usage, the transformation of which we are already experiencing today.

In order to research the extent to which this vision can be realised, CRC 901 will develop methods and techniques that

- enable an almost entirely automatic configuration, implementation, and adaptation of IT services from the services available on worldwide markets,
- guarantee the protection not only of the services acquired in this way, but also of the active participants in the markets, and
- support the organisation and further development of these markets and the necessary interaction between those involved.


To reach these goals, computer science experts from diverse disciplines, such as software technology, algorithmics, computer networks, system design, security, and cryptology are working hand-in-glove with economists who contribute their specific expertise on how to promote the organisation and the further development of the market.

On an organisational level, CRC 901 is represented by its Executive Board, consisting of Prof. Friedhelm Meyer auf der Heide as Chairman with Prof. Heike Wehrheim, Prof. Marco Platzner, and Prof. Claus Jochen Haake as Deputy Chairmen and Dr. Ulf-

Organisatorisch wird der SFB durch den Vorstand, bestehend aus Prof. Meyer auf der Heide als Sprecher und Prof. Wehrheim, Prof. Platzner und Prof. Haake als stellvertretende Sprecher vertreten. Dr. Schroeder hat die Position des Geschäftsführers inne. Insgesamt sind vier Fachgruppen aus dem Heinz Nixdorf Institut, acht Lehrstühle aus dem Institut für Informatik, fünf Lehrstühle aus der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften sowie vier Juniorprofessoren am SFB 901 beteiligt.

#### Erste Förderperiode des SFB 901: Juli 2011 bis Juni 2015

In der ersten Förderperiode haben wir wesentliche Schritte in Richtung der Demonstration der Machbarkeit des On-The-Fly Computing gemacht, indem wir die Methoden und Techniken zur Lösung zentraler Teilprobleme entwickelt haben. Wir haben Beschreibungssprachen für Services, die genügend Information enthalten, um Servicekonfigurationen zu erlauben, sowie erste Methoden für den automatischen Konfigurationsprozess entwickelt. Zur Unterstützung der ressourceneffizienten Ausführung konfigurierter Services haben wir Scheduling-Verfahren in heterogenen Ausführungsumgebungen entworfen. Wir haben Verifikations- und Testmethoden entwickelt, die die Bewertung der Qualität von konfigurierten IT-Dienstleistungen erlauben. Für die Organisation des strategischen Verhaltens der Akteure im On-The-Fly Computing, also der Nutzer, die Dienstleistungen anfragen, der Provider, die diese Dienstleistungen aus Teilservices konfigurieren, und der Anbieter von Teilservices und Ausführungsressourcen, haben wir ökonomische Untersuchungen zur Preisbildung und zur Entwicklung von Reputation durchgeführt. Für die Unterstützung der für die oben genannten Aufgaben notwendigen Interaktion der Akteure haben wir Peer-to-Peer-basierte Verfahren entwickelt, die die Interaktionswünsche der Akteure durch Anpassung des dem Peer-to-Peer-System zugrunde liegenden Overlay-Netztes unterstützen. Diverse Publikationen zu Einzelfragestellungen und prototypische Entwicklungen von Tools und Demonstratoren überzeugten die DFG-Gutachter vom Stand des SFB. Prof. Friedhelm Meyer auf der Heide erklärt: „Mit der Verlängerung der Förderung durch die DFG können wir den nächsten Schritt gehen und u. a. Konzepte für die Nutzerfreundlichkeit, die Sicherheit und die Kosteneffizienz des On-The-Fly Computing erarbeiten. Damit wird aus der Vision ein konkurrenzfähiges Paradigma für zukünftige Märkte für IT-Dienstleistungen.“

 **Dr. Ulf-Peter Schroeder**  
E-Mail: ups@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 67 26

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft

 [sfb901.upb.de](http://sfb901.upb.de)



Die am SFB 901 beteiligten Wissenschaftler trafen sich bei der Auftaktveranstaltung zur 2. Förderperiode im September 2015 in Oberorke am Edersee.

The research staff of the CRC 901 for the second funding period at the kick-off meeting in September 2015 at the venue Oberorke/Edersee.

fizienz des On-The-Fly Computing erarbeiten. Damit wird aus der Vision ein konkurrenzfähiges Paradigma für zukünftige Märkte für IT-Dienstleistungen.“

#### Zweite Förderperiode des SFB 901: Juli 2015 bis Juni 2019

In der zweiten Förderperiode werden einige neue Schwerpunkte in der Grundlagen-orientierten Forschung des SFB im Vordergrund stehen. Dazu gehören z. B. die Weiterentwicklung der Beschreibungssprachen im Hinblick auf Nutzerfreundlichkeit, die stärkere Einbeziehung von Methoden des Maschinellen Lernens bei der Konfiguration und der Qualitätsbewertung von Servicekonfigurationen, die Effizienzsteigerung von Compute Centern durch Re-Konfigurierbarkeit, die Untersuchung der Dynamik von Interaktionswünschen der Akteure in den Märkten und der Overlay-Netze sowie die stärkere Einbeziehung empirischer Methoden zur Analyse und Beeinflussung des strategischen Verhaltens der Akteure. Unsere Teilprojektübergreifenden Diskussionen, Forschungen und Entwicklungen von Architekturen, Demonstratoren und Prototypen werden wir weiter intensivieren. Zur Organisation dieser Aktivitäten richten wir orthogonal zu den Forschungsarbeiten der einzelnen Teilprojekte Querschnittsthemen ein. Einen Schwerpunkt für die neue Förderphase bildet dabei die engere Verzahnung von den Wirtschaftswissenschaften und der Informatik.

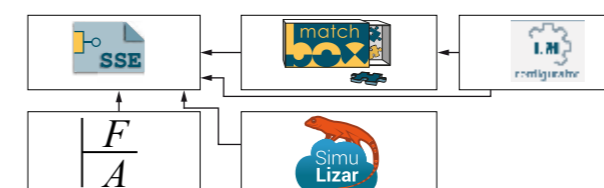
„Wir freuen uns sehr, dass die Forschungsstärke der Universität durch ein weiteres international sichtbares Großprojekt unterstrichen wird“, kommentiert Präsident Prof. Wilhelm Schäfer die Verlängerung der Förderung des SFB durch die DFG. „Die Orientierung auf interdisziplinäre, neue Schwerpunkte, wie hier die vorbildliche Kooperation zwischen Informatik und Wirtschaftswissenschaften, bringt die Universität weiter voran. Der SFB leistet wertvolle Grundlagenforschung für die anwendungsorientierten Großprojekte Software Innovation Campus Paderborn und den Spitzencluster it's OWL und wirkt so auch in die gesamte Region.“

Peter Schroeder as Executive Officer. In total, four workgroups from the Heinz Nixdorf Institute, eight university chairs from Computer Sciences, five university chairs from the Faculty of Economics, and four junior professors are involved in the CRC.

#### First Funding Period for CRC 901: July 2011 – June 2015

During the first funding period, we made significant progress towards demonstrating the feasibility of On-The-Fly Computing, developing the methods and techniques required to solve critical sub-issues. We developed description languages for services that contain sufficient information to allow service configurations, and also initial methods for an automatic configuration process. To support the resource-efficient execution of configured services, we designed scheduling algorithms in heterogeneous execution environments. We also developed verification and test methods that enable the quality of the configured IT services to be assessed. To organise the strategic behaviour of the actors in On-The-Fly Computing (i. e. the users who request services, the providers who configure these services from sub-services, and the suppliers of sub-services and execution resources) we conducted economic studies on the costs and reputation development. To support the interaction between the actors necessary for the above tasks, we developed peer-to-peer based methods that support the interaction needs of the actors by adapting the overlay network underneath the peer-to-peer system. Various publications about single research issues and prototypical developments of tools and demonstrators convinced the DFG reviewers from the state of the CRC. Prof. Friedhelm Meyer auf der Heide explains: “With the renewal of funding by the DFG we can take the next step and, inter alia, develop concepts for the user-friendliness, safety and cost-effectiveness of On-The-Fly Computing. Thus, the vision becomes a competitive paradigm for future markets of IT services.”

## SeSAME




SeSAME ist eine in der ersten Förderperiode entwickelte Tool-Suite, die die Marktteilnehmer bei der Spezifikation und Komposition von IT-Dienstleistungen, und bei deren Analyse (bzgl. Passgenauigkeit, funktionaler Verifikation und nicht-funktionaler Analyse) unterstützt. SeSAME kombiniert fünf Einzel-Werkzeuge, die wiederum in verschiedenen Teilprojekten des SFB entwickelt wurden.

SeSAME is a tool-suite developed within the first funding period that supports market participants in specifying services and compositions, and in analyzing these specifications (matching, functional verification, and non-functional analysis). SeSAME combines five tools which itself has been developed within different subprojects of the CRC

#### Second Funding Period for CRC 901: July 2015 – June 2019

In the second funding period, we will focus on some new basic research issues. This includes further developing the user friendliness of the description languages, achieving greater involvement of machine learning methods in the configuration and quality assessment of service configurations, increasing the efficiency of OTF Compute Centers through re-configurability, researching the dynamics of the actors' interaction requirements in the markets and overlay networks, and increasing the use of empirical methods to analyse and influence the strategic behaviour of the actors. We will continue to intensify our project-wide discussions, research and development of architectures, demonstration systems and prototypes. To organise these activities, we will set up cross-cutting issues orthogonally to the research in the individual subprojects. One main focus during this new funding period will be to create closer ties between the economic sciences and computer science.

“We are delighted that the research strength of our university is underlined by another internationally visible large-scale project,” said President Prof. Wilhelm Schäfer on the occasion of the renewal of funding of the CRC by the DFG. “The focus on interdisciplinary, new priorities, such as here the exemplary cooperation between computer science and economics, brings further impetus for the university. The SFB provides valuable basic research for the application-oriented large-scale projects Software Innovation Campus Paderborn and the excellence cluster it's OWL and acts also throughout the entire region.”

 **Dr. Ulf-Peter Schroeder**  
E-mail: ups@upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 67 26

 Supported by: German Research Foundation

 [sfb901.upb.de](http://sfb901.upb.de)

## Aufbau und Begleitung regionaler Bildungsnetze



Das Heinz Nixdorf Institut gehört zu den Pionieren des E-Learning. Seit mehr als 20 Jahren werden hier internetbasierte Dienste konzipiert, entwickelt und eingesetzt, um das Lehren und Lernen zu unterstützen. Die Alltags-tauglichkeit der entwickelten Systeme zeigt sich seit vielen Jahren in mehreren erfolgreich etablierten regionalen Bildungsnetzen.

„Lernstatt Paderborn“ ist eine flächendeckende und wartungsarme Infrastruktur für alle Schulen der Stadt. Neben vernetzten Lern- und Arbeitsplätzen sowie Präsentationsmöglichkeiten steht vor allem die Bereitstellung von Diensten im Mittelpunkt, mit denen sowohl Schüler wie auch Lehrer aktiv im Netz arbeiten können, sodass individuelle und kooperative Lernprozesse optimal durch digitale Medien unterstützt werden. Dazu erhält jeder Schüler mit dem Eintritt in die Grundschule eine Identität im Netz, die ihm bis zum Schulabschluss u. a. eine Mail-Adresse und einen netzbasierten Arbeitsplatz zur Verfügung stellt. Im Beirat begleiten Vertreter des Heinz Nixdorf Instituts die Weiterentwicklung.

„Bildung im Dialog“ ist eine Arbeits- und Kommunikationsplattform, die das selbstständige und kooperative Arbeiten in den Schulen in Ostwestfalen-Lippe unterstützt. Dieses Bildungsnetz steht allen zur Verfügung, die sich mit dem Thema Bildung beschäftigen und unter einem Dach miteinander kooperieren wollen. Speziell die Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern (Unternehmen, Behörden, öffentliche Einrichtungen) steht bei den Trägern – der Bezirksregierung Detmold, der Universität Paderborn und InnoZent OWL e. V. – in der zunächst bis 2019 beschlossenen Bildungspartnerschaft im Vordergrund. Auf diese Weise profitiert nicht nur der Schulunterricht vom Ein-

satz digitaler Medien; auch der Übergang von der Schule zum Beruf wird somit unterstützt.

Der innovative MokoDesk ist speziell für die individuelle Förderung und Betreuung von Lernenden mit unterbrochenen Lernwegen entwickelt worden. Ein virtueller Schreibtisch – realisiert durch die mit dem E-Learning Award ausgezeichnete Web-Anwendung MokoDesk – ermöglicht es Lehrern, auf Einladung der Schüler über das Netz den individuellen Förderbedarf einzusehen, sie individuell zu unterstützen, passende Materialien zur Verfügung zu stellen und mit ihnen über die gerade behandelten Inhalte zu diskutieren. Auf diese Weise können Schüler, die nicht dauerhaft am regulären Unterricht in einer Schule teilnehmen können, unterstützt werden und einen Schulabschluss erreichen.



**Dr. Harald Selke**  
E-Mail: [hase@upb.de](mailto:hase@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 13



Projektpartner: Lernstatt Paderborn: Stadt Paderborn, GKD Paderborn; Bildung im Dialog: Bezirksregierung Detmold, Medienzentrum Kreis Gütersloh, InnoZent OWL e. V.; MokoDesk: Bildungsnetz Förderung: Individuell e. V.

## Development and Support of Regional Platforms for Education

The Heinz Nixdorf Institute is one of the pioneers in the field of e-learning. For more than 20 years, Internet-based services have been designed, developed and used to support teaching and learning. The suitability for everyday use has been proved over many years in a number of successfully established regional networks for education.

“Lernstatt Paderborn” is a city-wide available low-maintenance infrastructure for all schools. In addition to networked places for learning and working as well as facilities for presentations, a major focus is on providing services that allow pupils as well as teachers to actively work on the Internet, supporting individual and cooperative learning processes with digital media in the best possible way. For this purpose, every child obtains a network identity when they enter primary school, providing an individual e-mail address and a web-based workplace. Representatives of the Heinz Nixdorf Institute offer their expertise on future developments in an advisory council.

“Education in Dialogue” is a platform to support work and communication in order to facilitate individual and cooperative work in schools in Ostwestfalen-Lippe. This educational network is available to anyone involved in education to allow them to collaborate under one roof. Cooperation with partners outside school (companies, authorities, or public institutions) is a major focus of the education partnership that the Bezirksregierung Detmold, the Paderborn University and InnoZent OWL e. V. agreed on. On the one hand, education in schools benefits from the use of digital media while, on the other hand, the transition from school to working life is also eased.

The innovative MokoDesk has been developed for the specific purpose of supporting and supervising learners with disrupted learning pathways. A virtual desktop – implemented via the MokoDesk, a web application that was awarded the E-Learning Award at Didacta, Germany’s largest trade fair for education – allows teachers who have been invited by the students to be their mentors to assess the educational needs of individual students, support them according to their needs, provide appropriate learning material, and discuss the learning content of the virtual lessons. By these means, students who cannot participate regularly in school classes can be supported in learning to enable them to graduate from school.



**Dr. Harald Selke**  
E-mail: [hase@upb.de](mailto:hase@upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 13



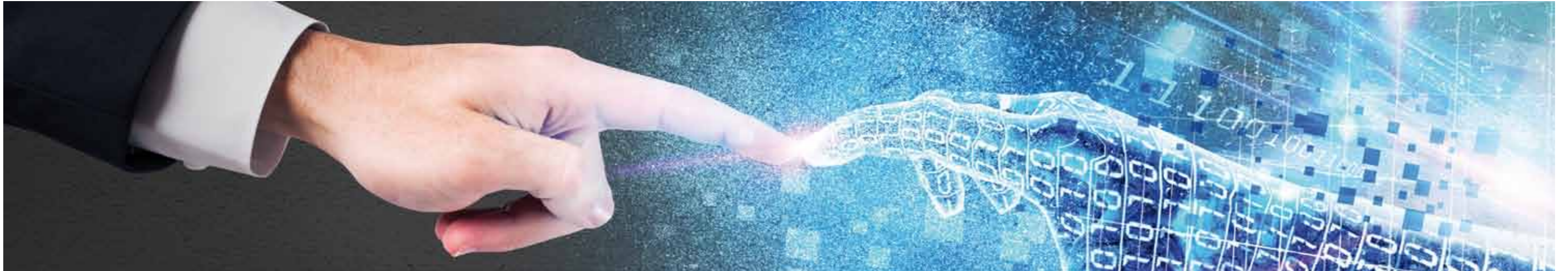
Project partners: Lernstatt Paderborn: Stadt Paderborn, GKD Paderborn; Education in Dialogue: Bezirksregierung Detmold, Medienzentrum Kreis Gütersloh, InnoZent OWL e. V.; MokoDesk: Bildungsnetz Förderung: Individuell e. V.



**[bid.lspb.de](http://bid.lspb.de)** (Lernstatt Paderborn)  
**[bid-owl.de](http://bid-owl.de)** (Education in Dialogue)  
**[lar-s.de](http://lar-s.de)** (MokoDesk)

## Fortschrittskolleg Nordrhein-Westfalen

Forschung auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen des Landes NRW



Das Heinz Nixdorf Institut ist seit Ende 2014 in dem aktuellen Förderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen „Fortschrittskolleg NRW“ mit zwei Fortschrittskollegs vertreten. Eines davon beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt. Das andere untersucht Leichtbaumaßnahmen, die durch den Einsatz von hybriden Bauteilsystemen erreicht werden.


Gemäß der Forschungsstrategie „Fortschritt NRW“ fördert das Wissenschaftsministerium NRW mit dem Förderprogramm „Fortschrittskolleg NRW“ inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze zur Lösung der komplexen Fragestellungen unserer Zeit. An sechs Einrichtungen forschen Doktorandinnen und Doktoranden zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen.


Das Heinz Nixdorf Institut ist durch Prof. Wilhelm Schäfer und Prof. Iris Gräßler an zwei Fortschrittskollegs (FSK) beteiligt:

- FSK GfA: Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – menschenzentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0
- FSK LEM – Leicht, Effizient, Mobil

Im FSK GfA werden die Auswirkungen von Intelligenten Technischen Systemen im Kontext von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt erforscht. Industrie 4.0 eröffnet für industrielle Produktionsunternehmen neue Möglichkeiten zur flexiblen Rekonfiguration von Wertschöpfungsketten und damit einhergehend Effizienzsteigerungen. Neben den technischen Herausforderungen bei der Entwicklung solcher Systeme erfährt insbesondere die Rolle der Beschäftigten über die gesamte Wertschöpfungskette

einen erheblichen Wandel. Das Thema „Arbeit 4.0“ erfährt derzeit hohe gesellschaftliche Aufmerksamkeit. So besuchte u. a. Ministerpräsidentin Hannelore Kraft auf ihrer Sommertour „NRW 4.0“ das Fortschrittskolleg und informierte sich über Möglichkeiten zur Mitgestaltung dieses Wandels. Die Doktoranden des FSK LEM untersuchen insbesondere Methoden zur Auslegung, Entwicklung und Fertigung hybrider Bauteilsysteme. Hybridwerkstoffe ermöglichen die gezielte Absenkung der Massen von Komponenten im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Neben der realisierten Reduzierung des Gesamtmaterialeinsatzes kann dadurch erheblich Energie eingespart werden. Somit sind durch Leichtbau sowohl eine Leistungssteigerung als auch eine Ressourcenschonung erreichbar.

 **M.Sc. Alexander Pöhler**  
E-Mail: Alexander.Poehler@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 62

 Gefördert durch: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

 [www.hni.uni-paderborn.de/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/pe)

## Fortschrittskolleg North Rhine-Westphalia

Research on the major societal challenges facing the State of NRW

The Heinz Nixdorf Institute has been represented by two Fortschrittskollegs since the end of 2014 in the current funding programme of the State of “North Rhine-Westphalia Fortschrittskolleg NRW”. One of them deals with the impact of Cyber Physical Production Systems on the working environment and the other one investigates lightweight design measures, which are achieved through the use of hybrid systems.


According to the research strategy “Progress NRW” the Ministry of Science NRW is funding transdisciplinary research projects through the programme “Fortschrittskolleg NRW” to solve the complex problems of our time. At six institutions, PhD students research major societal challenges.


Two members of the Heinz Nixdorf Institute, namely Prof. Wilhelm Schäfer and Prof. Iris Gräßler, are involved in two Fortschrittskollegs.

- FSK GfA: Design of flexible working environments – human-centric use of Cyber Physical Systems
- FSK LEM – light, efficient, mobile

The impact of intelligent systems on working environments are investigated in the FSK-GfA. Cyber Physical Systems enable new possibilities for the flexible reconfiguration of value chains and, therefore, an increasing efficiency. In addition to the existing technical challenges in developing such systems, the role of employees faces a significant change across the entire value chain. This change is currently attracting huge societal attention. For example, the State Minister Hannelore Kraft visited the Fortschrittskolleg on her summer tour “NRW 4.0” and asked about the possibilities of actively shaping this change.

The scientists of the FSK LEM investigate in particular methods for the design, development and manufacturing of hybrid systems. Hybrid materials allow the reduction of masses in machinery, plant and vehicle construction. In addition to savings in material usage, weight reduction can help reducing energy consumption. Thus, lightweight design can increase both: overall performance and resource efficiency.

 **M.Sc. Alexander Pöhler**  
E-mail: Alexander.Poehler@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 62

 Supported by: Ministry of Innovation, Science and Research North Rhine-Westphalia

 [www.hni.uni-paderborn.de/en/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/pe)

## Spitzencluster it's OWL: Auf dem Weg zu Industrie 4.0

„Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe“ für die Märkte von morgen



High-tech für die Herausforderungen der Zukunft: In OstWestfalen-Lippe wächst ein Technologie-Netzwerk aus Wirtschaft und Wissenschaft, das weltweit Maßstäbe für intelligente Systeme setzt. Der BMBF-Spitzencluster it's OWL (Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe) ist mit einem Projektvolumen von ca. 100 Mio. Euro bundesweit eine der größten Initiativen zu Industrie 4.0. Er leistet einen wichtigen Beitrag, Produktion in Deutschland zu sichern.

Die maschinenbaulichen Systeme von morgen werden auf einem engen Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik, Softwaretechnik und neuen Werkstoffen beruhen und über die Mechatronik hinausgehend eine inhärente Intelligenz aufweisen. Die Informationstechnik und auch nicht technische Disziplinen, wie die Kognitionswissenschaft, die Neurobiologie oder die Linguistik, bringen eine Vielfalt an Methoden, Techniken und Verfahren hervor. Mit diesen werden sensorische, aktorische und kognitive Funktionen in technische Systeme integriert, die man bislang nur von biologischen Systemen kannte. Derartige Systeme bezeichnen wir als intelligente technische Systeme; sie sind adaptiv, robust, vorausschauend und benutzungsfreundlich.

Intelligente technische Systeme passen sich ihrer Umgebung und den Wünschen ihrer Anwender an. Sie stiften Nutzen im Haushalt, in der Produktion, im Handel, auf der Straße; sie sparen Ressourcen, sind intuitiv zu bedienen und verlässlich. Beispiele sind ein Trockner, der sich sekundenschnell an den sich ändernden Strompreis anpasst und gleichwohl dank Selbstoptimierung ein Spitzenergebnis liefert, eine Produktionsmaschine, die vom Werker auch bei schwierigsten Aufgaben leicht zu bedienen ist und die weiß, wann es Zeit für

ihre Wartung wird, und eine Großwäschereianlage, die jedes Wäschestück automatisch wäscht, trocknet, bügelt und faltet, und das in höchster Qualität und unter minimalem Einsatz von Wasser, Energie und Waschmittel.

Über 174 Partner-Unternehmen, Hochschulen, Forschungszentren und Organisationen beteiligen sich an der Umsetzung der Spitzencluster-Strategie, die unter der Federführung des Heinz Nixdorf Instituts entstanden ist. Im Schulterschluss von Wirtschaft und Wissenschaft werden in 46 Projekten Produkt- und Produktionsinnovationen entwickelt.

Das Spektrum reicht von intelligenten Sensoren, Antrieben und Automatisierungskomponenten über Maschinen, Haus-



Broschüre „Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL“



## Leading-Edge Cluster it's OWL – Industry 4.0 pioneer

“Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe” for Future Markets



High-tech for tomorrow's markets. A technology network encompassing economy and science that is about to set world standards for intelligent systems is growing in OstWestfalenLippe. The cluster Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe – in short, it's OWL – is regarded as a pioneer for Industry 4.0 and makes important contributions to Germany's competitiveness as an industry location.

The technical systems of tomorrow will be based on the close interaction of mechanics, electrics/electronics, control engineering, software technology and new materials, as well as possessing inherent intelligence that will make them superior to mechatronics. Information technology as well as non-technical disciplines, such as cognitive science, neurobiology and linguistics, are developing a variety of methods, technologies and procedures. With these, sensory, actuator and cognitive functions are integrated in technical systems in ways that were previously only known in biological systems. We call such systems Intelligent Technical Systems; they are adaptive, robust, proactive and user friendly.

Intelligent technical systems adapt to their environment and the requirements of their users. They provide practical ease of use in households, in production and on the roads; they conserve resources and can be operated intuitively as well as reliably. To give a few examples: a tumble dryer that adapts in seconds to changing electricity prices yet nevertheless achieves a premium drying result due to self-optimisation; a production machine capable of performing even the most difficult tasks, but still simple to operate and knowing when its next maintenance is due; a large-scale laundry that automatically

washes, dries, irons and folds each piece of laundry to the highest quality standards despite using a minimum of water, electricity and detergent.

More than 174 companies, industry initiatives, universities and research institutions participate in the leading-edge cluster strategy, which is led by the Heinz Nixdorf Institute. Product and production innovations are being developed as part of a close alliance of business and science, consisting of 46 projects with a total volume of around 100 million euros. The German Ministry of Education and Research provides up to 40 million euros in subsidies. The range covers intelligent sensors, drives and automation components for machines, white goods and vehicles, as well as interconnected systems such as production facilities, smart grids and cash management systems, which are referred to as 'cyber physical systems'. High-tech products and production processes that are not ends in themselves, but provide their users with very specific advantages in terms of usability, reliability, security, cost efficiency and resource conservation. The basis for the companies' innovation projects are five cross-sectional projects in which universities provide industry with application-oriented research.



haltsgeräte und Fahrzeuge bis hin zu vernetzten Systemen wie Produktionsanlagen, Smart Grids und Cash-Management-Systemen, wofür der Begriff Cyber-Physical Systems steht. High-tech-Produkte und Produktionsverfahren also, die kein Selbstzweck sind, sondern ihren Anwendern ganz konkrete Vorteile in puncto Bedienung, Verlässlichkeit, Sicherheit, Kosteneffizienz und Ressourcenschonung bieten.

Grundlage für die Innovationsprojekte der Unternehmen sind fünf Querschnittsprojekte, in denen die Hochschulen anwendungsorientierte Technologien und Verfahren bereitstellen. Der Fokus liegt dabei auf den Bereichen Selbstoptimierung, Mensch-Maschine-Interaktion, Intelligente Vernetzung, Energieeffizienz und Systems Engineering.

Dadurch entsteht eine einzigartige Technologieplattform, mit der Unternehmen die Zuverlässigkeit, Ressourceneffizienz und Benutzersfreundlichkeit ihrer Produkte und Produktionssysteme steigern können.

Das Heinz Nixdorf Institut setzt im Rahmen des Spitzenclusters seine Stärken als interdisziplinäres Forschungsinstitut für die Region ein und trägt maßgeblich zur Realisierung der Vision intelligenter technischer Systeme bei. Besondere Schwerpunkte sind Systems Engineering, Selbstoptimierung und Mensch-Maschine-Interaktion.

**Systems Engineering**

Intelligente Systeme sind multidisziplinär, daher ist auch die Entwicklung dieser Systeme fachdisziplinübergreifend zu gestalten. Systems Engineering (SE) wird diesem Anspruch gerecht, es ist ein durchgängiger fachdisziplinübergreifender



Intelligentes Produktionssystem (Quelle: Beckhoff Automation)  
Intelligent production system (Source: Beckhoff Automation)

Ansatz zur Entwicklung multidisziplinärer Systeme. Mehrere Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts arbeiten gemeinsam an Methoden zur durchgängigen Systemmodellierung und -analyse. In enger Kooperation mit den Clusterunternehmen entsteht ein Systems Engineering-Instrumentarium für die Anwendung in den Unternehmen.

**Selbstoptimierung**

Selbstoptimierende Systeme sind intelligente technische Systeme, sie sind adaptiv, robust und vorausschauend. Für die Entwicklung von selbstoptimierenden Systemen wird u. a. Expertenwissen aus den Bereichen der mathematischen Optimierung und der Regelungstechnik benötigt. In den überwiegend mittelständischen Unternehmen des Spitzenclusters ist dieses Wissen jedoch meist nicht verfügbar. Das Heinz Nixdorf Institut erarbeitet hierzu mit weiteren Partnern der Universität Paderborn Methoden, die das Expertenwissen anwendergerecht beschreiben und somit die Entwicklung selbstoptimierender Systeme fördern.

**Mensch-Maschine-Interaktion**

Der Erfolg von intelligenten technischen Systemen basiert im Wesentlichen auf der einfachen Bedienbarkeit. Das Heinz Nixdorf Institut entwickelt in Kooperation mit Partnern des Spitzenclusters Methoden und Verfahren für eine intuitive Mensch-Maschine-Interaktion. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf dem Entwurf innovativer Interaktionstechniken für eine Virtual-Reality-basierte Design-Review-Umgebung. Die Design-Review-Umgebung ermöglicht eine intuitive Interaktion mit dem virtuellen Prototypen und unterstützt die frühzeitige digitale Absicherung intelligenter technischer Systeme im Rahmen des Produktentwicklungsprozesses.

**Innovationsprojekte**

Das Heinz Nixdorf Institut ist an fünf Innovationsprojekten von führenden Unternehmen in der Region beteiligt. Hier werden die in den Querschnittsprojekten entwickelten Technologien und Methoden eingesetzt:

- Ressourceneffiziente selbstoptimierende Großwäscherei „Die grüne Wäscherei“ (Herbert Kannegiesser GmbH)
- Vernetzte Systeme für automatisierte Geldkreisläufe „Sicheres und effizientes Handling von Banknoten“ (Wincor Nixdorf International GmbH)
- Integrierte Fertigungsplanung und -steuerung „Intelligente Planung mit virtuellen Werkzeugmaschinen, Optimale Maschinenauslastung“ (DMG MORI SEIKI AG)

The basis for the companies' innovation projects are five cross-sectional projects in which universities provide industry with application-oriented research. The areas self-optimisation, human-machine interaction, intelligent networking, energy efficiency and systems engineering are covered.

Within the leading-edge cluster, the Heinz Nixdorf Institute applies its strengths as an interdisciplinary research institute for the benefit of the region by focusing on the following topics:

**Systems Engineering**

Intelligent systems are multidisciplinary and, therefore, the development of these systems is to be conducted in a discipline-spanning manner. Systems Engineering (SE) meets this claim; it is a continuous discipline-spanning approach for the development of multidisciplinary systems. Several workgroups of the Heinz Nixdorf Institute strive together for continuous system modelling and analysis. In close cooperation with the leading-edge cluster enterprises, a SE method toolkit is developed that connects procedures, methods as well as tools. It is supposed to support the practical application within the enterprises.

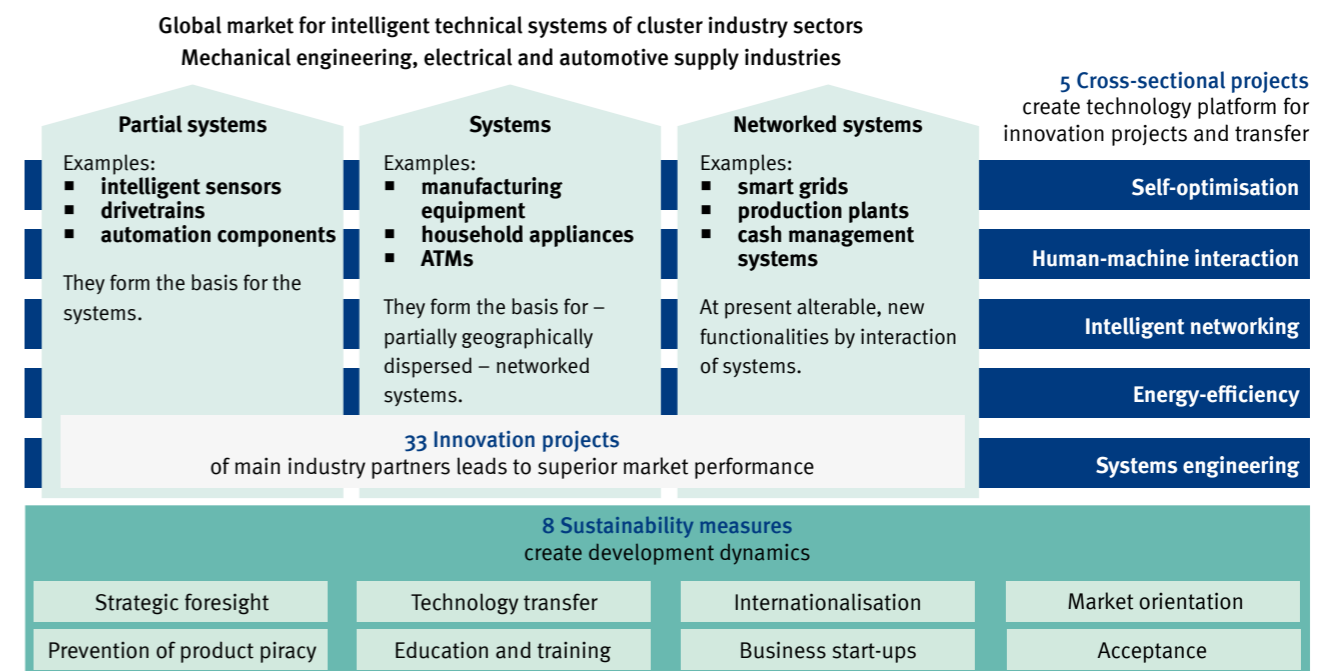
**Self-Optimisation**

The innovation leap from mechatronics to systems with inherent partial intelligence is of utmost importance for the



Augmented Reality zur Unterstützung einer intelligenten Entwicklung  
Augmented Reality to support intelligent developments

international competitiveness of the engineering industry and related fields. Self-optimising systems are a showcase example for intelligent technical systems that are adaptive, robust and anticipatory. The development of self-optimising system requires, amongst other things expert knowledge from fields such as mathematical optimisation and control theory. However, this knowledge is mostly not available in the medium-sized enterprises of the leading-edge cluster. The Heinz Nixdorf Institute elaborates methods for this purpose that describe the expert knowledge in an application-oriented way and therefore promote the development of self-optimising systems.



Projektstruktur  
Project Structure

- Scientific Automation Plattform  
„Nachhaltige Produktion durch intelligente Automatisierungstechnik“ (Beckhoff Automation GmbH)
- Intelligenter Knetprozess  
„Knetmaschinen fühlen den Teig“  
(Neuenkirchener Maschinenfabrik Emil Kemper GmbH)



Intelligente Fertigung (Quelle: DMG MORI SEIKI AG)  
Intelligent manufacturing (Source: DMG MORI SEIKI AG)

### Nachhaltigkeitsmaßnahmen

Die acht Nachhaltigkeitsmaßnahmen adressieren die Stärkung der Strategiekompetenz der Unternehmen, die Teilhabe möglichst vieler Unternehmen an der Technologieplattform, die Sicherstellung des Markterfolgs und der Sozialverträglichkeit von intelligenten technischen Systemen, den Schutz vor Nachahmung sowie die Gewinnung von Fachkräften und Unternehmensgründungen. Mit ihnen soll primär eine hohe Entwicklungsdynamik in der Region über die Förderdauer hinaus erzeugt werden. Das Heinz Nixdorf Institut ist an mehreren Maßnahmen beteiligt, wovon nachfolgend zwei beispielhaft vorgestellt werden.

#### » Nachhaltigkeitsmaßnahme Vorausschau – Die Zukunft vorausdenken und gestalten

Um sich im globalen Wettbewerb zu behaupten, müssen Unternehmen frühzeitig Erfolgspotenziale von morgen erkennen und erschließen. Dazu müssen sie Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern antizipieren, was als Vorausschau bezeichnet wird. Vielen Unternehmen, insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen, mangelt es hierfür an Ressourcen. Sie betreiben Vorausschau bislang nicht systematisch, sondern setzen auf die Fortschreibung bewährter Innovationskonzepte und ihre gute Reaktionsfähigkeit. Insbesondere auf dem Gebiet der intelligenten technischen Systeme ist dies nicht ausreichend, um den Markterfolg sicherzustellen. Gesamtziel des Vorhabens ist ein Instrumentarium bestehend aus Zukunfts-

wissen, Methoden und IT-Werkzeugen, das Unternehmen befähigt, wirkungsvoll und effizient Vorausschau zu betreiben. Sie werden in die Lage versetzt, daraus die erforderlichen Schlüsse für die Entwicklung von Geschäfts-, Produkt- und Technologiestrategien zu ziehen. Damit zielt das Projekt insbesondere auf den Ausbau der Strategiekompetenz von kleinen und mittelständischen Unternehmen.

#### » Nachhaltigkeitsmaßnahme Prävention gegen Produktpiraterie – Innovationen schützen

Produktpiraterie vernichtet Arbeitsplätze, bringt die Industrie um die Rendite ihrer Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen und bedroht die Wettbewerbsfähigkeit vieler Unternehmen. Zum Schutz vor Produktimitationen bedarf es der Entwicklung innovativer, technischer Schutzmaßnahmen und ganzheitlicher Schutzkonzeptionen. Dieses Vorhaben zeigt, wie solche Schutzkonzeptionen erarbeitet und implementiert werden. Zentral dabei sind die Identifizierung des individuellen Bedrohungspotenzials und die Realisierung umfassenden Produktschutzes auf Basis von Schutzmaßnahmen.

#### » Innovatives Transferkonzept

Unser Ziel ist, möglichst viele kleine und mittlere Unternehmen von den in den Querschnittsprojekten entwickelten und in den Innovationsprojekten angewandten Technologien partizipieren zu lassen. Das entsprechende Transferkonzept sieht dafür in dem Zeitraum 2014 bis 2016 120 Transferprojekte vor. Das Heinz Nixdorf Institut ist in der 2. Tranche an zwei Transferprojekten beteiligt. Folgend werden diese vorgestellt:

- Optimierung und Materialflussanalyse in der Oberflächentechnik

Die Planung und Organisation von Beschichtungsprozessen gestaltet sich durch eine Vielzahl an unterschiedlichen Arbeitsaufträgen problematisch. Durch die zunehmende Diversifizierung der Arbeitsaufträge und die Tatsache, dass aktuelle Optimierungsbestrebungen oft auf dem impliziten Wissen der Mitarbeiter beruhen, wird das Problem zukünftig immer mehr an Bedeutung gewinnen. Das Ziel des Transferprojektes OPTIMUS mit dem Unternehmen TK-Oberfläche GmbH ist ein optimierter Produktionsprozess mittels moderner Methoden der Selbstoptimierung. Im Fokus stehen dabei die Verbesserung der Auslastung von Warenträgern, das intelligente Zusammenfassen von Bauteilen zu Warenträgergruppen und die Analyse des Materialflusses des aktuellen Produktionsprozesses hinsichtlich der durchgeführten Optimierungen. Die angesprochenen Verbesserungen sind wesentliche Faktoren, damit TK-Oberfläche auch in Zukunft qualitativ hochwertige Produkte wettbewerbsfähig anbieten kann.

### Human-Machine Interaction

The success of intelligent technical systems is primarily based on simple usability. In cooperation with the leading-edge cluster companies, the Heinz Nixdorf Institute develops methods and procedures for an intuitive human-machine interaction. The common work focuses on the design of innovative interaction techniques for a Virtual Reality-based design review environment. The design review environment enables an intuitive interaction with a virtual prototype and facilitates the early digital validation of intelligent technical systems within the product development process.

### Innovation projects

The Heinz Nixdorf Institute also participates in a total of five innovation projects of leading enterprises. In these projects, new technologies and methods are deployed that are being developed in the cross-sectional projects:

- Resource-efficient, self-optimising industrial laundry “The green laundry” (Herbert Kannegiesser GmbH)
- Networked systems for automated currency circuits “Secure and efficient banknote handling” (Wincor Nixdorf International GmbH)
- Virtual machine tools for production planning “Intelligent planning – optimum utilisation of machinery” (DMG MORI SEIKI AG)
- Scientific Automation Plattform “Sustainable production through intelligent automation technology” (Beckhoff Automation GmbH)
- Intelligent kneading process “Kneading machines that feel the dough” (WP Kemper GmbH)

### Sustainability measures

The eight sustainability measures aim at a strengthening of the strategic competence of companies, participation of a multitude of companies at the technology platform, ensuring the market success and social acceptability of intelligent technical systems, the protection against product piracy and the attraction of professionals and business start-ups. Primarily, the measures are used to implement a powerful dynamic development within the region beyond the end of the project. The Heinz Nixdorf Institute is involved in several measures subsequently presented by two examples.

#### » Foresight – thinking ahead and shaping the future

To cope with global competition, companies should early identify and exploit tomorrow's success potentials. Therefore, future developments concerning markets, technologies and business environments need to be anticipated, also referred to as foresight. Many companies lack resources to do so, in particular



Design Review am virtuellen Prototypen  
Design Review for a virtual prototype

small and medium-sized companies. Subsequently, foresight is practiced unsystematically while companies stick to once proven innovation concepts and rely on their response capability. Especially when it comes to innovation in intelligent technical systems, this might not be sufficient to ensure market success. The overall objectives of the project are contents, methodologies and IT-tools enabling companies to practice foresight effectively and efficiently. They will be empowered to draw conclusions for the development of fitting business, product and technology strategies. Therefore, the project aims at the expansion of the strategic competence of small and medium-sized companies.

#### » Prevention against product piracy – Protecting innovations

Product piracy destroys jobs, ruins the return on research and development investments of the industry and threatens the competitiveness of many companies. For protection against product imitations the development of innovative, technical protective measures and holistic protection concepts is required. This project shows how such protection concepts are developed and implemented. Key aspects are the identification of the individual threat potential and the realisation of wide range product protection based on protective measures.

#### » Innovative technology transfer

The elaborated technology platform of the cross-sectional projects also serves as a foundation for the transfer of results to small and medium-sized enterprises. From the beginning of July 2014 according transfer projects will be conducted. In total, a number of 150 transfer projects are currently intended.

The Heinz Nixdorf Institute is responsible for two transfer projects in the second tranche. They will be briefly presented in the following:

Integration additiver Produktionstechnologien in den Produktentstehungsprozess

Stärker denn je befinden sich additive Produktionstechnologien auf dem Weg von Prototypenverfahren in die industrielle Produktion. Unterschiedlichste Branchen wie die Medizintechnik oder die Luft- und Raumfahrt haben das Potenzial dieser Technologien bereits für sich erkannt. Sinkende Stückkosten steigern die Attraktivität additive Fertigung für kleine und mittlere Unternehmen. Ein wirksamer Einsatz dieser Technologien erfordert die durchgängige Berücksichtigung der Technologiefähigkeit im gesamten Produktentstehungsprozess. Ziel des Transferprojekts INPRO ist eine Methodik zur Integration additiver Fertigungstechnologien in den Produktentstehungsprozess mittelständisch geprägter Unternehmen. Der Transferpartner Krause Di-MaTec GmbH ist Ansprechpartner für die additive Fertigung im Maschinenbau und verwandter Branchen und unterstützt als Dienstleister kleine und mittlere Unternehmen bei der Einführung dieser Fertigungstechnologien. Zu diesem Zweck werden Methoden des Cluster-Querschnittsprojekts Systems Engineering genutzt und in einer ganzheitlichen Methodik gebündelt. Entwickler sind hiermit in der Lage, die Potenziale additiver Fertigungstechnologien im Produktentstehungsprozess frühzeitig zu erkennen und zu erschließen. Die Methodik berücksichtigt darüber hinaus die Rahmenbedingungen und vielfältigen Wechselwirkungen additiver Fertigungstechnologien beispielsweise bei der Konstruktion oder bei den Nachbearbeitungsprozessen.

Entwicklungsschub für OWL

Der Spitzencluster it's OWL gibt der Region einen großen Entwicklungsschub. Die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen steigt, Wachstum und Beschäftigung werden gesichert. Die Sichtbarkeit von Ostwestfalen-Lippe als Technologieregion wird gestärkt. Die Attraktivität der Region für Fach- und Führungskräfte steigt. So stärkt der Spitzencluster das Renommee der Universität als exzellente Forschungseinrichtung, sodass neue Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für die Region gewonnen werden können.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
E-Mail: Juergen.Gausemeier@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 67



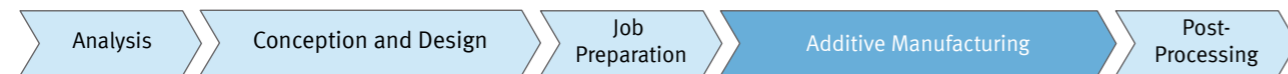
Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Projekträger: PTKA (Projekträger Karlsruhe)



www.its-owl.de



www.hni.upb.de/video/itsowl\_industrie40  
www.hni.upb.de/video/itsowl\_spitzencluster  
www.hni.upb.de/video/itsowl\_hmi2013



Integration additiver Produktionstechnologien in den Produktentstehungsprozess  
Integration of additive manufacturing in the product development process



Intelligente Planung – optimale Maschinenauslastung. Arbeitsvorbereitung durch virtuelle Werkzeugmaschinen (DMG MORI SEIKI AG)  
Intelligent planning – optimum utilisation of machinery Innovation project: Virtual machine tools for production planning (DMG MORI SEIKI AG)

Optimisation and material flow analysis in surface technology

The planning and organisation of coating processes is problematic because of the variety of different work orders. Due to an increasing diversification of work orders and the fact that current optimisation efforts are often based on the implicit knowledge of the employees, this problem is becoming more and more important. The aim of the transfer project OPTIMUS together with the company TK-Oberfläche GmbH is to develop an optimised production process using modern methods of self-optimisation. The focus is on improving the utilisation rate of goods carriers, an intelligent combining of components to goods carrier groups and the analysis of the material flow of the current production process with regard to the performed optimisations. The described improvements are essential factors for TK-Oberfläche in order to offer high quality products in the future.

Integration of additive manufacturing in the product development process

Additive manufacturing is more than ever on its way from prototyping processes into industrial production. Various branches like medical engineering or aerospace have identified the benefit of this technology. Reduced costs per piece increase the technology attractiveness for small and medium-sized enterprises. To realise their powerful potentials, the technology capability has to be taken into account during the development process. The core of this technology transfer is a methodology for the integration of additive manufacturing into the development process of medium-sized companies. The cooperation partner Krause DiMaTec GmbH is a partner for additive manufacturing in mechanical engineering and related industries. Krause DiMaTec supports the integration of additive technologies into the development and manufacturing processes of small and medium-sized enterprises. For this purpose, selected techniques provided by the cross-sectional project Systems Engineering are bundled into a holistic methodology. This leads developers to consider the specific interdependencies of additive manufacturing in the entire product development process at an early stage.

A boost for the region OWL

The leading-edge cluster strengthens the reputation of the university as an excellent research facility in the area of intelligent technical systems, so that new scientists can be drawn to the region. Furthermore, promising new study programmes in engineering and IT offer the opportunity to attract students from all over Germany and beyond to Paderborn.

SPONSORED BY THE



Federal Ministry of Education and Research



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
E-mail: Juergen.Gausemeier@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 67



Supported by: Federal Ministry of Education and Research  
Project management: Project Management Agency Karlsruhe



Intelligente Produktion (Quelle: DMG MORI SEIKI AG)  
Smart Production (Source: DMG MORI SEIKI AG)

## Interaktive Fahrsimulation

Virtual Prototyping fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme





Fahrsimulatoren sind komplexe mechatronische Systeme mit einer Vielzahl von Sensoren, Aktoren und informationsverarbeitenden Komponenten. Neben dem Einsatz für Fahrertrainings eignen sich derartige Systeme auch für das Virtual Prototyping fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme. Fahrsimulatoren ermöglichen dabei die umfassende Untersuchung des Zusammenspiels von Fahrer und Assistenzsystem in einer spezifischen Testumgebung.

Energieeffizienz, Sicherheit und Komfort von Kraftfahrzeugen werden zunehmend von fortgeschrittenen Fahrerassistenzsystemen (Advanced Driver Assistance Systems, kurz: ADAS) geprägt. Das Projekt „Test- und Trainingsumgebung für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme“ (TRAFFIS) soll neuartige Fahrerassistenzsysteme schon im Entwicklungsstadium erlebbar machen, deren virtuelle Erprobung entlang der gesamten Wertschöpfungskette ermöglichen und damit letztlich die Entwicklungszeit signifikant verkürzen. Es wird vom Heinz Nixdorf Institut in enger Kooperation mit vier Industrieunternehmen durchgeführt. Ein Projektziel ist die realitätsnahe Wiedergabe von Fahrmanövern durch den Fahrsimulator. Im Vergleich zum realen Fahrzeug auf der Straße ist der Bewegungsraum des Simulators beschränkt, daher können die Bewegungen nur näherungsweise wiedergegeben werden. Sogenannte Motion-Cueing-Algorithmen berechnen die Bewegungen des Fahrsimulators so, dass die auf die Insassen wirkenden Beschleunigungen im Fahrsimulator möglichst denen im realen Fahrzeug entsprechen. Kern aktueller Entwicklungen ist die Nutzung sogenannter modellbasierter prädiktiver Regelstrategien.

Die Flexibilität und Modularität des Simulatorsystems ist ein weiterer Kernpunkt des TRAFFIS-Projektes. Dazu gehören z. B.

die automatische Generierung realer Strecken und Umgebungen. Auch ein Austausch der Kabinen (Kleinwagen, LKW) auf dem Fahrsimulator ist leicht möglich. Für die Visualisierung dient ein Rechencluster mit insgesamt acht angeschlossenen Projektoren. Diese erzeugen eine Rundprojektion um das Fahrzeug sowie die entsprechenden Bilder in Außen- und Rückspiegel. So entsteht durch das Zusammenspiel verschiedener Sinneswahrnehmungen bei der Fahrt im Simulator ein realistischer Gesamteindruck.

 **Prof. Dr.-Ing. Ansgar Trächtler**  
E-Mail: [Ansgar.Traechtler@hni.upb.de](mailto:Ansgar.Traechtler@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 77

 Gefördert durch: Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen  
Projektträger: NRW.BANK

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

 [www.hni.upb.de/video/traffis](http://www.hni.upb.de/video/traffis)

## Interactive Driving Simulation


Virtual Prototyping of Advanced Driver Assistance Systems



Driving simulators are complex mechatronics systems that incorporate a variety of sensors, actuators and data processing components. Beside their application in driver training, they are often used for virtual prototyping of advanced driver assistance systems. Driving simulators enable comprehensive investigation of the interaction between driver and assistance system in a specific test environment.

Energy efficiency, safety and comfort of future vehicles are increasingly influenced by the utilization of advanced driver assistance systems (ADAS). The project “Test and Training Environment for Advanced Driver Assistance Systems” (TRAFFIS) aims to give a realistic impression of driver assistance systems under development. Moreover, it allows virtual testing along the entire value chain, and hence, significantly reducing the overall development time. The project TRAFFIS is carried out by the Heinz Nixdorf Institute in close cooperation with four industrial companies. An objective of the project TRAFFIS is the realistic simulation of different traffic situations using a driving simulator. The motion space of the driving simulator is limited in comparison to a real vehicle on the road; therefore, vehicle movements can only be reproduced approximately. The so-called motion cueing algorithms are used to calculate the simulator’s movements in order to perform the accelerations perceived by the driver as realistic as possible. Model-based predictive control strategies represent the current focus of development in this regard.

The flexibility and modularity of the simulation system is another key aspect of the project. For instance, virtual driving routes and environments similar to their real counterparts can be

 **Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler**  
E-mail: [Ansgar.Traechtler@hni.upb.de](mailto:Ansgar.Traechtler@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 77

 Supported by: European Regional Development Fund, Ministry of Economics, Energy, Industry, Small Business and Handicrafts of the State of North Rhine-Westphalia  
Project management: NRW.BANK

automatically generated. Moreover, the driver’s cabin can be exchanged to allow different driving experiences. For example, the current compact car cabin can be exchanged with a truck cabin. A computer cluster is used to generate the scene, which is displayed by eight projectors and three small monitors representing the rear- and side-view mirrors. These produce a complete view around the vehicle cabin, which includes genuine vehicle instruments. Hence, an overall impression of a realistic drive is provided by a combination of various sensual perceptions.

## Effiziente Fehlereffektsimulation mit virtuellen Prototypen

BMBF-Projekt zur Qualifikation intelligenter Motion-Control-Systeme



Im Rahmen der Industrie 4.0-Initiative entwickeln sich Fertigungsanlagen zu immer komplexeren und intelligenteren Systemen, die sich aus einer Vielzahl von elektrischen, elektronischen und mechanischen Komponenten zusammensetzen, welche im Betrieb reibungslos ineinandergreifen müssen. Zur frühzeitigen Bewertung der funktionalen Sicherheit werden neue domänenübergreifende Fehlermodelle und Bewertungsverfahren benötigt.

Eine der kritischsten Teile bei der Entwicklung von Fertigungsanlagen sind die Motion-Control-Systeme, welche z. B. die schnelle und sehr genaue Positions- und Bahnregelung von Förderbändern und Industrierobotern durchführen. Zur frühzeitigen und effizienten Provokation von kritischen Fehlereffekten zur Bewertung der funktionalen Sicherheit von Motion-Control-Systemen bedient man sich virtueller Prototypen, in denen elektrische und elektronische Hardwarekomponenten durch Ersatzmodelle, die schon frühzeitig im Entwurfsprozess zur Qualifikation zur Verfügung stehen, realisiert sind.


### Das Effektiv-Projekt

Das durch das BMBF geförderte Effektiv-Projekt (Effiziente Fehlereffektsimulation mit virtuellen Prototypen zur Qualifikation intelligenter Motion-Control-Systeme in der Industrieautomatisierung) entwickelt neue Methoden und Werkzeuge zur Bewertung intelligenter Motion-Control-Systeme. Unter der Leitung der Robert Bosch AG und in Kooperation mit Siemens und Infineon Technologies liegt der Fokus des Projektes auf der Entwicklung domänenübergreifender Fehlermodelle und der Anwendung virtueller Modelle zur schnellen, aber dennoch präzisen Fehlereffektsimulation.

### Fehlereffektsimulation von analogen und Mischsignal-Systemen

Der Entwurf analoger elektronischer und gemischt analog-digitaler Systeme bietet hier besondere Herausforderungen, da im Vergleich zu rein digitalen Schaltungen der Automatisierungsgrad bei der Verfeinerung und Verifikation relativ gering ist. Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ fokussiert sich hier auf die Entwicklung von neuen domänen- und abstraktionsebenenübergreifenden Fehlermodellen und Verfahren zur Fehlerinjektion für analoge und gemischt analog-digitale Komponenten auf Basis von SystemC-AMS, Verilog-A und SPICE-Modellen.

 Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt  
E-Mail: Christoph.Scheytt@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 50

 Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung

 [www.hni.uni-paderborn.de/sct](http://www.hni.uni-paderborn.de/sct)

## Efficient Fault Effect Simulation with Virtual Prototypes


BMBF Project for the Qualification of Intelligent Motion Control Systems

In the context of the Industrie 4.0 initiative, production plants become highly complex, intelligent systems, which combine a variety of electronic, electrical, and mechanical components that need to mesh smoothly during their operation. Novel cross-domain fault models and efficient qualification techniques are required for the evaluation of functional safety aspects in early design phases.

Highly critical issues in the development of future production plants are imposed by motion control systems, which manage the fast and most accurate position and motion control of conveyor belts and robot arms, for instance. As of today, the final tests of those systems are mainly based on physical prototypes to ensure the correct and safe operation of the system. However, on the one hand, those prototypes are available only in later phases of the design process. Additionally, due to physical constraints, several specific errors can be injected or provoked during a physical prototype based test hardly or not at all. To overcome those constraints, virtual prototypes became popular, which apply (virtual) hardware models of electrical and electronic components replacing their physical counterparts for safety qualifications in early design phases.

### The Effektiv Project

The Effektiv project is funded by the BMBF (Federal Ministry of Education and Research) and develops novel methods and tools for the fault effect simulation of intelligent motion control systems for industrial automation based on virtual prototypes. Under the project leadership of the Robert Bosch GmbH and in cooperation with the Siemens and the Infineon Technologies, the project focuses on the development of

 Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt  
E-mail: Christoph.Scheytt@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 50

 Supported by: Federal Ministry of Education and Research

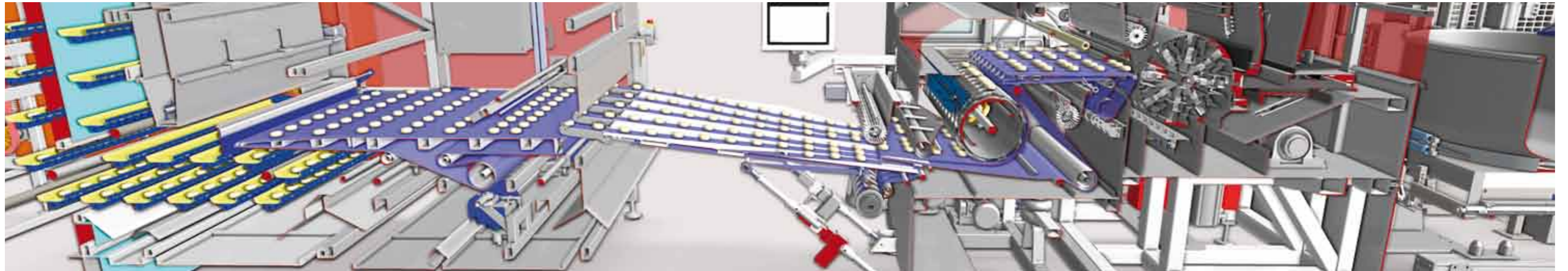
cross domain fault models and the application of a virtual model for the efficient, i. e. fast but yet accurate, fault effect simulation at higher abstraction levels.

### Fault Effect Simulation of Analogue and Mixed-Signal Systems

The design of analogue and mixed analogue/digital system still provides a lot of challenges as, compared to purely digital systems, there is only little automation support for their refinement and verification. The “System and Circuit Technology” workgroup of the Heinz Nixdorf Institute focus on the development of novel fault models and methods for the fault injection in analogue components at higher abstraction levels. This also includes novel methods for the analogue circuit refinements under industrial conditions based on SystemC-AMS, Verilog-A, and SPICE models.

## Kompetenzzentrum Virtual Prototyping und Simulation

Innovative Virtual-Prototyping-Methoden und Werkzeuge für Anwender aus Forschung und Industrie



Virtual Prototyping und Simulation (VPS) ist heute fester Bestandteil des Produktentstehungsprozesses. Beim Virtual Prototyping wird ein Rechnermodell des zu entwickelnden Produkts gebildet und anschließend wie ein realer Prototyp analysiert. Auf diese Weise können schon in frühen Phasen der Produktentwicklung Fehler erkannt und Varianten des Produkts virtuell untersucht werden, ohne dass ein realer Prototyp gebaut werden muss.

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes VPS entwickeln Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts neue VPS-Methoden und Werkzeuge. Zur Unterstützung der Forschungsaktivitäten wurde das HD-Visualisierungszentrum eingerichtet. Das Center beherbergt eine 9 m breite Großprojektion zur 3D-Visualisierung und steht Anwendern aus Forschung und Praxis zur Verfügung.

Die Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“ betreibt Grundlagenforschung zur Visualisierung massiv komplexer Datensätze. Auf dieser Grundlage wurde das interaktive Werkzeug „PADrend“ für die Entwicklung und Analyse von Algorithmen zur 3D-Visualisierung auf der Großprojektion entwickelt.

In Zusammenarbeit mit der Fachgruppe „Strategische Produktplanung und Systems Engineering“ wurde „PADrend“ für den Einsatz im Rahmen von Virtuellen Design Reviews weiterentwickelt. Zusammen mit Industriepartnern aus der Region wurden bereits mehrfach Erzeugnisse des Maschinen- und Anlagenbaus

im Maßstab 1:1 visualisiert und Virtuelle Design Reviews zur digitalen Absicherung der Produkte erfolgreich angewendet.

Zur Unterstützung der Transfermaßnahmen wurde im Rahmen des Querschnittsprojekts Mensch-Maschine-Interaktion des Spitzenclusters it'sOWL ein Transferlabor im HD-Visualisierungszentrum eingerichtet. Als Demonstrator dient eine Produktionslinie der Firma WP Kemper, an der neue Bedienkonzepte zur Aufbereitung und Interaktion mit dem Virtuellen Prototypen aufgezeigt werden. Am Demonstrator animiert der Anwender die Bewegungsabläufe einzelner Prozessschritte und erhält einen Einblick in Prozessdetails.

Für den Transferpartner Simonswerk wurde eine Materialflusssimulation an den Virtuellen Prototypen eines Produktionssystems für Türbänder angebunden. Die interaktive Visualisierung unterstützt bei der Verortung der Materialflüsse und hilft bei der Platzierung eines Teilelagers innerhalb des Produktionssystems.

In Kooperation mit dem Transferpartner Remmert wurde der Virtuelle Prototyp für ein intelligentes Regalbediengerät entwickelt. Hier lernt der Anwender interaktiv die neuen Wartungskonzepte des Regalbediengerätes kennen.



Dr.-Ing. Jan Berssenbrügge  
E-Mail: Jan.Berssenbruegge@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 32

## Competence Centre Virtual Prototyping and Simulation

Innovative Virtual Prototyping Methods and Tools for Users from Science and Industry

Virtual Prototyping and Simulation (VPS) is an integral part of the product development process. In Virtual Prototyping, a computer model of the product under development is generated and subsequently tested, just like a real prototype. This way, design errors can already be identified in the early phases of the product development process and alternative designs of a product can be virtually examined without having to build a real prototype.

In the context of the research focus VPS, workgroups at the Heinz Nixdorf Institute develop new VPS-methods and tools. In support of these research activities, the high definition (HD) visualisation centre was established. The centre accommodates a 9 m wide large-screen projection system for 3D visualisation and is available to users from research and industry alike.

The “Algorithms and Complexity” workgroup conducts fundamental research in the field of visualisation of massively complex data sets. On this basis, the interactive tool “PADrend” has been developed for the development and analysis of algorithms for 3D-visualisation on the large-screen projection system.

In cooperation with the “Strategic Product Planning and Systems Engineering” workgroup, “PADrend” was enhanced to support Virtual Design Reviews. In close cooperation with industry partners from the region, products from plant engineering and construction have repeatedly been visualised in life-size and Virtual Design Reviews have been applied successfully, facilitating a digital validation of the products.

In support of the transfer activities of the leading-edge cluster it's OWL, a transfer lab was established at the HD-visualisation

centre in the context of the cross-sectional project “Man-Machine-Interface”. A production line from the company WP Kemper serves as a demonstrator, which illustrates new operation concepts for the preparation and interaction with a Virtual Prototype. The user animates motion sequences of individual process steps at the demonstrator and gains insight into process details.

For the transfer partner Simonswerk, a material flow simulation has been connected to the Virtual Prototype of a production system for door hinges. The interactive visualisation supports the user in localising the material flows and facilitates the placement of a parts depot within the production system.

In cooperation with the transfer partner Remmert, a Virtual Prototype for an intelligent storage handling system has been developed. Here, the user utilises the Virtual Prototype in order to interactively familiarise with the new maintenance concepts of the storage handling system.



Dr.-Ing. Jan Berssenbrügge  
E-mail: Jan.Berssenbruegge@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 32

## Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik



Von den mechatronischen Systemen von morgen wird viel gefordert: Sie sollen mit ihrem Umfeld interagieren und sich diesem autonom anpassen; sollen unerwartete Situationen flexibel bewältigen und dabei auch zukünftige Einflüsse vorausschauen können. Gleichzeitig sollen sie benutzungsfreundlich bleiben und auf die zunehmende Komplexität des Gesamtsystems reagieren können, vor allem intelligenter und stärker vernetzt werden.

Die Fraunhofer-Projektgruppe setzt hier an und bietet Unternehmen am Technologiestandort Zukunftsmeile Fürstenallee Expertise für intelligente Mechatronik im Kontext Industrie 4.0. Mit der richtungsweisenden Stoßrichtung „Advanced Systems Engineering für intelligente mechatronische Systeme“ wird das Ziel verfolgt, intelligente Produkte und Produktionssysteme, aber auch intelligente Dienstleistungen zu entwickeln.

Das umfangreiche Know-how der Fraunhofer-Projektgruppe im Bereich von Methoden und Werkzeugen für die Entwicklung mechatronischer Systeme wird durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit dem Heinz Nixdorf Institut und der Universität Paderborn gestärkt.

Zum Jahreswechsel können die derzeit 71 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unter der Gesamtleitung von Prof. Ansgar Trächtler das Erreichen eines großen Meilensteins verzeichnen: Zum 01.01.2016 wird die Projektgruppe in eine eigenständige Fraunhofer-Einrichtung (Fraunhofer-Einrichtung für Entwurfstechnik Mechatronik IEM) überführt und ist damit die erste selbstständige außeruniversitäre Forschungseinrichtung in der Innovationsregion Ostwestfalen-Lippe. Diese erfolgreiche Entwicklung unterstreicht den steigenden Bedarf der Industrie an anwendungsorientierter Forschung und der

Entwicklung mechatronischer Systeme und der dafür notwendigen Produktionssysteme.

### Interdisziplinäre Anforderungen mit CONSENS managen

Durch die zunehmende Komplexität und Interdisziplinarität im Maschinen- und Anlagenbau steht auch das Anforderungsmanagement der GEA, einem global führenden Anbieter von Komponenten und Prozesstechnik, vor neuen Herausforderungen. Die Spezifikationstechnik CONSENS ermöglicht eine fachdisziplinübergreifende Kommunikation und Kooperation auf Basis eines Systemmodells. Insbesondere interdisziplinäre Anforderungen lassen sich so effizienter managen.

Die GEA mit Hauptsitz in Düsseldorf und zahlreichen Applikations- und Produktzentren weltweit konzentriert sich auf innovative Lösungen für anspruchsvolle Produktionsprozesse der Nahrungsmittelverarbeitung sowie die effiziente Nutzung von Energie. Im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL erschließt die GEA in Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik Potenziale zur Weiterentwicklung von Separatoren hin zu Intelligenten Technischen Systemen (ITS). In Verknüpfung mit Smart Services bergen ITS besonders im Maschinen- und Anlagenbau ein hohes Innovationspoten-

## Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design

There are many demands of current and future mechatronic systems: they have to be able to interact with and independently adjust to their environment, cope flexibly with unexpected situations, and project future effects. At the same time, they also have to remain user-friendly and be able to react to the increasing complexity of the overall system, and above all become more intelligent and networked.

The Fraunhofer Project Group is focusing on this area, and offering companies in the “Zukunftsmeile Fürstenallee” technology location its expertise in intelligent mechatronics within the context of Industry 4.0. Taking “Advanced Systems Engineering for Intelligent Mechatronic Systems” as its trend-setting line of attack, its aim is to develop intelligent products and production systems, as well as intelligent services.

The Fraunhofer Project Group's comprehensive expertise in tools and methodologies for developing mechatronic systems is strengthened by interdisciplinary collaboration with the Heinz Nixdorf Institute and Paderborn University.

At the turn of the year, a total of 71 employees working under the general leadership of Prof. Ansgar Trächtler can celebrate achieving a major milestone: on 01/01/2016 the project group is being transformed into a separate Fraunhofer Institute (the Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design), thus becoming the first independent non-university research institution in the Ostwestfalen-Lippe innovation region. This successful development highlights industry's increasing need for application-oriented research and development of mechatronic systems and the production systems they require.

### Managing interdisciplinary requirements with CONSENS

The increasingly complex and interdisciplinary nature of mechanical and plant engineering has also created new challenges for requirements management at GEA, a leading global provider of components and process technology. The specification technology CONSENS enables interdisciplinary communication and cooperation based on a system model, allowing interdisciplinary requirements in particular to be managed more efficiently.

GEA, based in Düsseldorf with numerous application and product centres across the world, focuses on innovative solutions for sophisticated production processes in food processing as well as for efficient energy usage. As part of the it's OWL excellence cluster, GEA has been working together with the Fraunhofer Project Group for Mechatronic Systems Design to exploit potential for further developing separators into intelligent technical systems (ITS). In conjunction with smart services, ITS offers tremendous potential for innovation in the mechanical and plant engineering sectors in particular, whilst also increasing the complexity of systems and their development processes.

zial und führen gleichzeitig zu einer steigenden Komplexität der Systeme und deren Entwicklungsprozesse.

### Anforderungsmanagement für Produkt-Service-Systeme

Separatoren sind technische Geräte für die mechanische Trennung von Rohprodukten wie etwa Milch oder Öle. Die Entwicklung hin zu intelligenten, lernenden Systemen bietet vielversprechende Möglichkeiten zur Optimierung von Separatoren. Als Folge entstehen künftig gänzlich neuartige Dienstleistungen, die teilweise auch zu neuen Geschäftsmodellen führen. Auch der Anforderungsmanagementprozess des Gesamtsystems im Sinne eines Produkt-Service-Systems wird sich grundlegend ändern.

### Systemspezifikation als Grundlage

Bei der Identifikation von ITS-Potenzialen für Separatoren wurde in interdisziplinären Workshops CONSENS zur systematischen Anforderungserhebung verwendet: Ein Umfeldmodell des Separators enthält alle Elemente (z. B. Systeme, Umwelteinflüsse, Personen), die in Wechselwirkung mit dem System stehen. Anwendungsszenarien beschreiben die situationspezifische Sicht auf das System und dessen Verhalten in verschiedenen Situationen. Mit diesem einheitlichen Verständnis ist das systematische Ableiten von Anforderungen an zukünftige Separatoren möglich.

Um Aufbau und Wirkungsweise des Systems Separator zu verstehen, wird eine Wirkstruktur erstellt, die Sensorik, Aktorik und Informationsverarbeitung aller Komponenten berücksichtigt. Die erhobenen Anforderungen werden den Systemelementen der Wirkstruktur zugeordnet. Ergebnis ist ein allgemein verständliches und einheitliches Systemmodell als Grundlage für die fachübergreifende Dokumentation, Abstimmung und Verwaltung der Anforderungen.

### Gewappnet für die Zukunft

ARI-Armaturen, ein Hersteller von Armaturen aus Schloß Holte-Stukenbrock, bietet eine breite Auswahl von Armaturen zur Regelung von flüssigen und gasförmigen Medien an. Diese werden weltweit in unterschiedlichsten Gebieten eingesetzt.

Typische Einsatzgebiete gehen von der Verwendung in Chemiefabriken über den Schiffsbau bis hin zur Gebäudetechnik. Dabei steigt die Komplexität der zu entwickelnden Anlagen in den letzten Jahren immer weiter an. Insbesondere der kombinierte Einsatz von Elektronik und Software steigert maßgeblich die Produktkomplexität und den damit verbundenen Entwicklungsaufwand.

### Systematische Softwareentwicklung

Doch gerade im Zuge von „Industrie 4.0“ liegen in diesem Verbund von Elektronik und Software große Innovationspotenziale, wie bereits in einem von der Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik und ARI-Armaturen gemeinschaftlich durchgeführten Transferprojekt im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL deutlich wurde. Um den Herausforderungen der Produktkomplexität und des Entwicklungsaufwands gewachsen zu sein, ist es nötig, eine systematische Softwareentwicklung zu verfolgen. Dadurch können Aufwände, um neue Funktionen zu einer bestehenden Software hinzuzufügen, zu erweitern oder bestehende Software in neuen Produkten wiederzuverwenden, reduziert werden. In diesem Zusammenhang gewinnt insbesondere die systematische Erarbeitung und Dokumentation von Softwarearchitekturen an Bedeutung: Eine Softwarearchitektur bildet die Brücke zwischen den Anforderungen und der Implementierung einer Software, schafft gemeinsames Verständnis und ermöglicht eine effiziente und verteilte Entwicklung. Zudem ist sie Ausgangsbasis für Analysen, erleichtert eine spätere Anpassung der Software und bildet die Grundlage für eine organisierte Wiederverwendung von Software.

Um für die Zukunft gut gerüstet zu sein, hat ARI-Armaturen zusammen mit der Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik eine ideale Softwarearchitektur für ein Stellventil entwickelt. Ebenfalls wurde die Softwarearchitektur der aktuellen Software für das Stellventil, welche aus mehreren Tausend Zeilen-Code besteht, extrahiert und verständlich aufbereitet. Auf Basis dieser zwei Architekturen, der bestehenden und der idealen, konkretisierten die Projektpartner das weitere Vorgehen hinsichtlich der Weiterentwicklung der Software.

Mit den entwickelten Softwarearchitekturen hat ARI-Armaturen nun eine Grundlage geschaffen, geplante Wiederverwendung in ihre Software einzuführen und auch Erweiterungen systematisch und effizient durchzuführen.



Intelligente Steuerung von Separatoren zur mechanischen Trennung von Rohstoffen (Quelle: GEA)  
Intelligent control of separators to separate solids from liquids (Source: GEA)

### Requirements management for product-service systems

Separators are technical devices to mechanically separate raw products such as milk or oil, and developing them into intelligent, adaptive systems offers promising opportunities for separator optimisation. In the future, this will result in the development of entirely new services which will in some cases also generate entirely new business models. The requirements management process for the overall system within a product-service system will also fundamentally change.

### System specification as the basis

In identifying ITS potential for separators, CONSENS was put to use in interdisciplinary workshops to define requirements: a separator environmental model contains all the elements (e.g. systems, environmental influences, people) which interact with the system. Application scenarios describe the situation-specific view of the system and how it behaves in various situations. This consistent understanding enables requirements of future separators to be systematically derived.

In order to understand the structure and mechanism of the separator system, an active structure was created taking into account the sensor technology, actuator technology and information processing of all components. The requirements ascertained were assigned to the system elements within the active structure. The result was a generally comprehensible, consistent system model which will form the basis for interdisciplinary documentation, coordination and management of requirements.

### Prepared for the future

ARI-Armaturen, a valve manufacturer from Schloß Holte-Stukenbrock, offers a broad selection of valves to regulate liquid

and gaseous media. These valves are used across the world in a wide variety of fields: typical areas of application range from chemical plants to shipbuilding to building technology. In recent years, the complexity of the systems to be developed has been consistently growing. Especially the combined use of electronics and software increases the product complexity and the associated development work significantly.

### Systematic software development

However, this combination of electronics and software offers especially great potential for innovation within the context of "Industry 4.0", as already demonstrated by a transfer project jointly organised by the Fraunhofer Project Group for Mechatronic Systems Design and ARI-Armaturen as part of the it's OWL excellence cluster. Being able to measure up to the challenges of product complexity and development work requires systematic software development, which is able to reduce the expense required to add new functions to existing software, expand it or reuse it for new products. In this context, the systematic development and documentation of software architecture becomes particularly important: software architecture serves as a bridge between the requirements and the implementation of a piece of software, creates common understanding, and enables efficient, distributed development. It also stands as the starting point for analyses, facilitates subsequent software adjustments, and forms the basis for organised reuse of software.

To ensure that it is well-positioned for the future, ARI-Armaturen has been working with the Fraunhofer Project Group for Mechatronic Systems Design to develop an ideal software architecture for a valve control software. The software architecture of the current control valve software, consisting of several thousand lines of code, was also extracted and made easy to understand. The project partners used the two architectures (the current version and the ideal version) to structure the specifics of the next steps in the further software development process.

Using the software architectures developed, ARI-Armaturen has now established a framework for introducing planned reuse into its software and for systematically and efficiently implementing expansions.



Dipl.-Ing. Michael Grafe  
E-Mail: Michael.Grafe@ipt.fraunhofer.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 54 65 101



[www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik](http://www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik)



Dipl.-Ing. Michael Grafe  
E-mail: Michael.Grafe@ipt.fraunhofer.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 54 65 101



[www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik](http://www.ipt.fraunhofer.de/mechatronik)



## Internetportale für die Praxis



Auf dem Weg zu den Produkten von morgen kommt es darauf an, die richtigen Informationen zur richtigen Zeit zu haben und adäquate Instrumente zur Planung und Entwicklung der Produkte einzusetzen. Es mangelt dabei nicht an Informationen und Instrumenten, sondern oft an Wissen über die Möglichkeiten, neue Produkte schnell und sicher zu entwickeln und in den Markt zu bringen. Um hier zu helfen, betreiben wir mit Partnern zwei Fachportale.

### [www.innovations-wissen.de](http://www.innovations-wissen.de)

innovations-wissen.de stellt Methoden und Werkzeuge für die Strategische Produkt- und Prozessplanung bereit. Darunter sind anschauliche Hilfsmittel und Anwendungsleitfäden für die Planung der Produkte in den Märkten von morgen. Diese führen einfach und unkompliziert zu guten Ergebnissen für konkrete Planungsaufgaben. Dabei richten sich unsere Inhalte sowohl an Geschäftsführer, Abteilungsleiter oder Projektleiter, die einen kurzen und prägnanten Überblick benötigen, als auch an Mitarbeiter, Experten und Fachleute, die detaillierte Beschreibungen ausgewiesener Methoden suchen.

### [www.conimit.de](http://www.conimit.de)

conimit.de ist die zentrale Internetplattform für Unternehmen, die Informationen, Methoden, Leitfäden und qualifizierte Partner zu aktuellen Produktschutzthemen suchen. Eine umfassende Sammlung an Literatur und Schutzmaßnahmen stellt Unternehmen relevantes Wissen bereit und hilft ihnen, selbstständig aktiv zu werden. Eine Expertendatenbank und Kontakte zu Netzwerken stehen für detaillierte Fragestellungen zur Verfügung. Aus dem aktuellen Forschungsprojekt „Prävention gegen Produktpiraterie – itsowl-3P“ werden neue Inhalte und Methoden zum umfassenden Produktschutz ergänzt.

- **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.

To develop tomorrow's products, it matters to have the right information, just on the right time, and to select the right instruments to plan and develop these products. Often, what's missing is not the data or instruments, but rather the information about how to develop and launch new products quickly and reliably on the market. Along with our partners, we currently operate two internet portals to support such processes.

### [www.innovations-wissen.de](http://www.innovations-wissen.de)

innovations-wissen.de provides methods and tools for strategic product and process planning, including descriptive resources and practical guides for planning products of the future market. These offer a simple and straightforward way to achieve good results in specific planning tasks. Our content is designed for managing directors, division heads or project managers who need a brief, concise overview, as well as for employees, experts and specialists looking for detailed descriptions of proven methods.

### [www.conimit.de](http://www.conimit.de)

Conimit.de is the central internet platform for companies looking for information, methods, guidelines and qualified partners for current issues relating to product protection. A comprehensive collection of literature and protective measures provides companies with relevant knowledge and helps them to act independently. An expert database and network contacts are available for detailed enquiries. The current 'Preventing Product Piracy – itsowl-3P' research project is providing new additional content and methods for comprehensive product protection.

- **Information on the specific topic:** Studies, guidebooks, professional articles, books, essays, conference talks, newsletter, events and much more.
- **Ascertaining the demand for action:** In which action field does a company have deficits in cross-sectorial comparison?
- **Providing guidelines:** Which activities can a company eliminate identified weak points with or even take up a pole-position?
- **Naming of appropriate methods and instruments** for an efficient conduction of activities: checklists, presentations, spreadsheets and much more.
- **Establishment of qualified contacts** between providers and consumers of respective services: transfer of designated experts, who support achieving the goals with expert knowledge and methodological competence.

## Internationalität

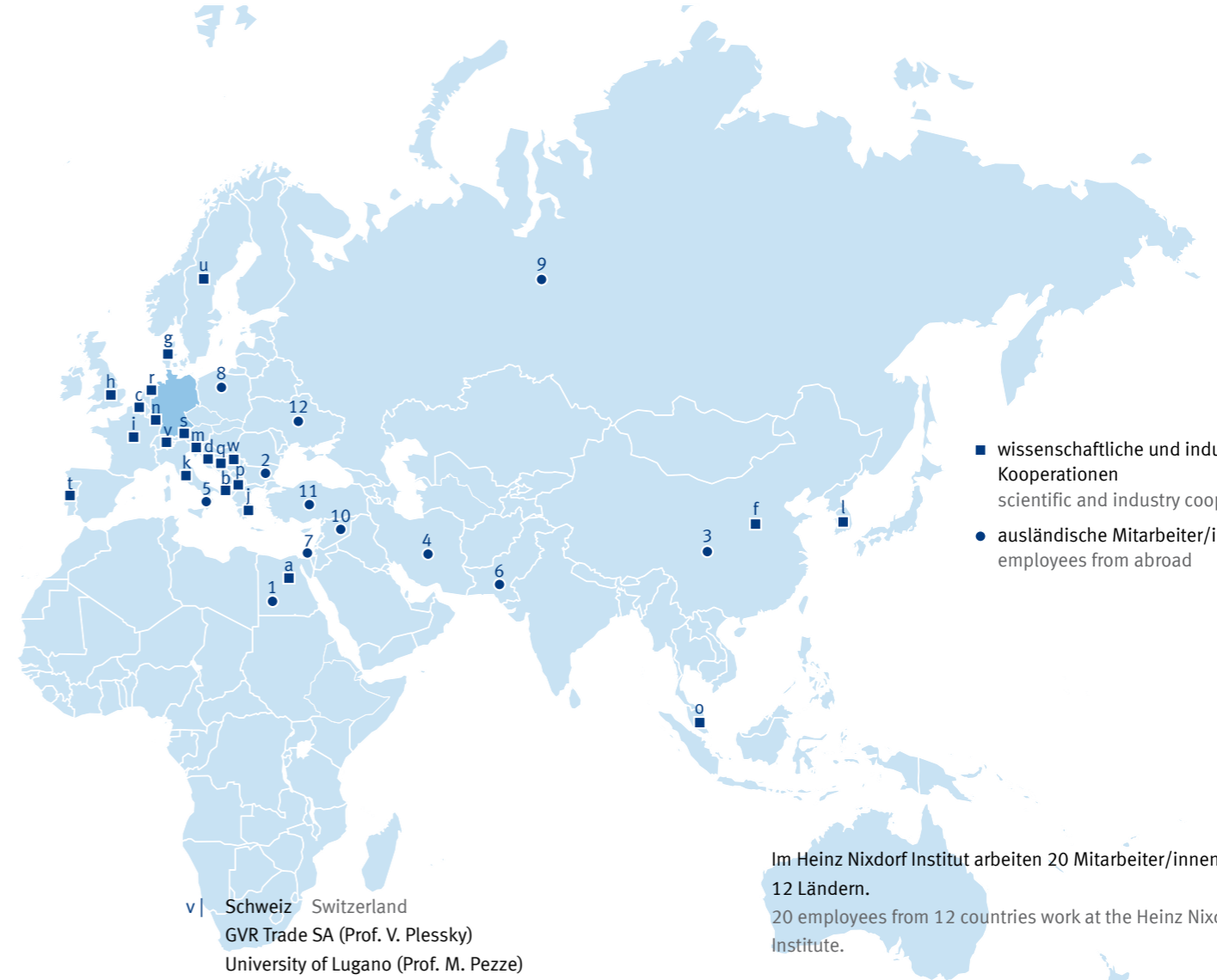
Wir kooperieren mit 39 ausländischen Partnern.  
We cooperate with 39 partners from abroad.

- a | Ägypten Egypt  
Information Technology Institute Cairo (Eng. Heba Saleh)
- b | Albanien Albania  
Universiteti i Tiranës (Prof. D. Kule)
- c | Belgien Belgium  
Université Libre de Bruxelles (Prof. M. Dorigo)
- d | Bosnien und Herzegowina Bosnia and Herzegovina  
Univerzitet u Sarajevu (Prof. Konjicij)  
Univerzitet u Banjoj Luci (Prof. P. Maric)
- e | Brasilien Brazil  
Federal University of Rio Grande do Sul Porto Alegre  
(Prof. F. Rech Wagner, Prof. C. E. Pereira)  
Universidade Federal de Santa Catarina Florianopolis  
(Prof. A. A. Fröhlich)
- f | China China  
Qingdao University of Science & Technology  
(Prof. Qingdang Li)
- g | Dänemark Denmark  
The Lego Group (K. H. Petersen)
- h | England England  
The Open University (Prof. C. Eckert)  
University of Liverpool (Prof. M. Gairing, Prof. P. Spirakis)
- i | Frankreich France  
INRIA Paris (Dr. V. Issarny)
- j | Griechenland Greece  
University of Patras, CTI (Prof. P. Spirakis)
- k | Italien Italy  
Politecnico di Milano (Prof. C. Ghezzi)  
Politecnico di Milano AI & Robotics Lab (M. Matteucci)  
Sapienza University of Rome (Prof. S. Leonardi, Ph.D.)  
IMT Alti Studi Lucca (Prof. G. Caldarelli, Ph.D.)
- l | Korea Korea  
Korea Institute of Science and Technology Information  
(Prof. H. Jung)
- m | Kroatien Croatia  
University Zagreb (Prof. M. Zagar)
- n | Luxemburg Luxembourg  
Université du Luxembourg (Prof. L. Blessing)

- o | Malaysia Malaysia  
Malaysia UiTM (Dr. C. Y. Low)
- p | Mazedonien Macedonia  
Ss. Cyril and Methodius University (M. Cvetkovska)
- q | Montenegro Montenegro  
Univerzitet Crne Gore (Prof. Dr. A. Lojpur)
- r | Niederlande Netherlands  
University of Maastricht (T. Harks)
- s | Österreich Austria  
Universität Wien (Prof. M. Henzinger)
- t | Portugal Portugal  
Universidade do Porto (Prof. L. Almeida)
- u | Schweden Sweden  
Chalmers Technical University / University of Gothenburg  
(Prof. I. Crnkovic)  
Mälardalen University (Prof. S. Punnekkat)



## Internationality



- wissenschaftliche und industrielle Kooperationen  
scientific and industry cooperations
- ausländische Mitarbeiter/innen  
employees from abroad

Im Heinz Nixdorf Institut arbeiten 20 Mitarbeiter/innen aus 12 Ländern.  
20 employees from 12 countries work at the Heinz Nixdorf Institute.

- v | Schweiz Switzerland  
GVR Trade SA (Prof. V. Plesky)  
University of Lugano (Prof. M. Pezze)
- w | Serbien Serbia  
Univerzitet u Beogradu (Prof. B. Paunovic)
- x | USA USA  
Baker Hughes (G. Michaelis)  
Center for Embedded Computer Systems UC Irvine  
(Prof. D. Gajski)  
Michigan State University (Prof. B. H. C. Cheng)  
Parker Hannifin Corporation (O. Neiske)  
Stevens Institute of Technology (Prof. Cloutier)  
Stratasys Ltd. (R. Garrity)  
The Boeing Company (R. Southmayd)  
University of Massachusetts (Prof. L. Osterweil)

- 1 | Ägypten Egypt
- 2 | Bulgarien Bulgaria
- 3 | China China
- 4 | Iran Iran
- 5 | Italien Italy
- 6 | Pakistan Pakistan
- 7 | Palästina Palestine
- 8 | Polen Poland
- 9 | Russland Russia
- 10 | Syrien Syria
- 11 | Türkei Turkey
- 12 | Ukraine Ukraine

## Engagement in der Nachwuchsförderung



Jun.-Prof. Dr. Heiko Hamann, Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik und Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos

Wir engagieren uns intensiv in der Lehre und Ausbildung von Studierenden und Nachwuchswissenschaftler/innen wie Doktorand/inn/en, Habilitand/inn/en und Juniorprofessor/inn/en mit dem Ziel, ihnen die Voraussetzung für die Gestaltung der Zukunft zu vermitteln. Neben der wissenschaftlichen Qualifizierung bereiten wir unseren Nachwuchs auf die Übernahme von Verantwortung in Wirtschaft und Wissenschaft vor.

2015 haben mehr als 130 Studierende bei uns ihre Abschlussarbeit erstellt. Etwa 110 besonders begabte Absolvent/inn/en sind auf dem Weg zur Promotion. Unser Engagement in der Nachwuchsförderung kommt auch durch unsere Beteiligung an der ersten International Graduate School der Universität Paderborn zum Ausdruck.

### International Graduate School

Die Graduate School „Dynamic Intelligent Systems“ ist eine von 17 geförderten Einrichtungen zur Förderung von Spitzennachwuchs in NRW. Hoch qualifizierte Absolvent/inn/en können in einem Promotionsstudiengang innerhalb von drei Jahren promovieren. Im Rahmen des NRW-Programms ist es die einzige Einrichtung im Bereich der anwendungsorientierten Informatik. Professoren aus unserem Institut sowie acht Professoren der Universität Paderborn betreuten 2015 insgesamt 34 Studierende aus zehn Ländern, darunter 23 aus dem Heinz Nixdorf Institut. Bisher wurden über 104 Promotionen erfolgreich abgeschlossen, zehn davon 2015. Eine Evaluation des Promotionsprogramms vom Deutschen Akademischen Austausch-Dienst und der Deutschen Forschungsgemeinschaft ergab, dass die Graduate School Best Practice in den Bereichen Interdisziplinarität, Unternehmenskooperation und Verstetigung ist.

### Vorbereitung auf eine Hochschulkarriere

Wir fördern nachdrücklich die Mitarbeiter/innen, die eine Hochschulkarriere anstreben. 36 unserer Absolvent/inn/en haben bereits Professuren. Aktuell arbeiten bei uns:

- **Michaela Geierhos**, Juniorprofessorin der Fachgruppe „Wirtschaftsinformatik, insb. CIM“, lehrt und forscht im Bereich der semantischen Informationsverarbeitung an der Schnittstelle zwischen Computerlinguistik und Wirtschaftsinformatik. Sie erforscht Probleme der maschinellen Sprachverarbeitung in industrienahen Anwendungsszenarien.
- **Heiko Hamann** ist Juniorprofessor in der Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“. Er erforscht die sog. Schwarmrobotik und entwickelt Algorithmen, um intelligentes Verhalten in großen Robotergruppen zu erzeugen. Dabei soll die Summe vieler simpler Einzelverhalten durch Kooperation ein komplexes Ganzes schaffen.
- **Alexander Skopalik** ist Juniorprofessor in der Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“. Er beschäftigt sich mit algorithmischen Problemen in der Spieltheorie. Er betrachtet beispielsweise Fragestellungen bezüglich der Ergebnisse strategischen Handelns autonomer Akteure und untersucht die Berechnungskomplexität von Ergebnisprognosen bei verteilter Allokation von Ressourcen.

## Commitment to Support Young Researchers



Fünf unserer 23 Stipendiat/inn/en der Graduate School / Five of our 23 International Graduate School scholarship holders: M.Sc. Shouwei Li, M.Sc. Simon Olma, Dipl.-Inform. Pavel Podlipyan, M.Sc. Lukas Kopecki, M.Sc. Ke Xu (v.l./FLTR)

We are deeply and intensely committed to the education and training of students and young talents, such as doctoral and postdoctoral candidates and junior professors. Our aim is to ensure they are equipped with the skills and knowledge they need to shape the future. Besides looking after our young talents' scientific qualifications, we also prepare them to take on roles of responsibility in business and science.

In 2015, more than 130 students wrote their thesis with us. Close to 110 especially talented graduates are well on their way to successfully completing their post-graduate studies. We take pride in our commitment to fostering young talents, which is underlined by our involvement in the International Graduate School at the Paderborn University.

### International Graduate School

The International Graduate School „Dynamic Intelligent Systems“ is one of 17 grant-funded institutes that concentrate on fostering top talent in NRW (North Rhine Westphalia). Highly-qualified graduates are able to complete their chosen doctorate programme within 3 years. The school is the only institute within the NRW programme that offers applied computer science. In 2015, professors from our institute and eight professors from the Paderborn University mentored a total of 34 students from ten different countries, with 23 of these students coming from the Heinz Nixdorf Institute. To date, 104 students have successfully completed their doctorate, ten of them in 2015. A survey on the doctoral programme, carried out by the German Academic Exchange Service and the German Research Association, showed that the Graduate School represents Best Practice in interdisciplinarity, business cooperation and stabilisation.

### Getting ready for a university career

We strongly promote and support employees wishing to pursue a university career. 36 of our graduates already have a professorship. The following candidates are working at our institute:

- **Michaela Geierhos**, Assistant Professor of the “Business Computing, especially CIM” workgroup, teaches and conducts research in the field of semantic information processing at the interface between computational linguistics and business informatics. She explores problems of natural language processing in industry-related scenarios.
- **Heiko Hamann** is Assistant Professor in the “Algorithms and Complexity” workgroup. His research is on so-called swarm robotics and he develops algorithms to generate intelligent behaviour in big groups of robots. In doing so, many simple individual behaviours should sum up to form a complex whole.
- **Alexander Skopalik** is Assistant Professor in the “Algorithms and Complexity” workgroup. He deals with algorithmic problems in game theory. He observes, for example, issues relating to the results of strategic action on the part of autonomous actors. And investigates about the computational complexity of profit forecasts in the distributed allocation of resources.

## Unsere Kooperationspartner in der Industrie

Die Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts arbeiten erfolgreich mit zahlreichen Industrieunternehmen zusammen. Diese Seite zeigt einen Auszug unserer Kooperationspartner der letzten Jahre.

## Our Partners in Industry

The workgroups of the Heinz Nixdorf Institute have numerous successful cooperations with industry. This side shows an excerpt of our industrial cooperation partners of the recent years.



## Berufsausbildung an unserem 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 acht Auszubildende auf ihr Berufsleben vorbereitet. Jedes Jahr nehmen wir in der Regel drei Auszubildende auf.

Die Ausbildung wird unterstützt durch ein innerbetriebliches Fortbildungsprogramm, organisiert von allen Ausbildern an der Universität Paderborn. Durch die interdisziplinäre Ausrichtung der Fachgruppen am Heinz Nixdorf Institut haben die Auszubildenden die Möglichkeit, sich mit aktuellen Themen im industriellen und betrieblichen Umfeld zu beschäftigen. Zusammen mit der schulischen Ausbildung durch das Richard-von-Weizsäcker-Berufskolleg in Paderborn werden unsere Auszubildenden optimal auf ihr späteres Berufsleben vorbereitet.

### 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,

Es macht mir Freude, die Kolleginnen und Kollegen bei technischen Schwierigkeiten und Fragen mit Rat und Tat zu unterstützen.

I enjoy supporting and assisting my colleagues with technical issues and questions.

Theresa Huck

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 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 30 junge Menschen eine Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen (drei Elektroniker/innen für Geräte und Systeme, eine Informatikkauffrau und 26 Fachinformatiker/innen, Fachrichtung Systemintegration). Die aktuellen Auszubildenden sind:

Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Jan Moeller
- Fabian Ritter

Fachinformatiker/innen – Fachrichtung Systemintegration:

- David Akin
- Gabriyel Akin
- Theresa Huck
- Witalij Nenachov
- Rene Neugebauer
- Hanna Schraven

## Apprenticeship at the Heinz Nixdorf Institute

The Heinz Nixdorf Institute has the professional competence and infrastructure to offer young people professional training, and we have a long history of commitment to this form of training. We train specialist computer scientists in the field of system integration, and electronics engineers in the field of devices and systems. Eight trainees are currently being prepared for their career.

The training is supported by an internal further education programme organised by all the teachers at the Paderborn University. The interdisciplinary orientation of the workgroups within the Heinz Nixdorf Institute gives trainees an opportunity to engage with current topics in an industrial and operational environment. Together with classroom-based training at the Richard von Weizsäcker Vocational College in Paderborn, our trainees are given perfect preparation for their subsequent professional lives.

### Specialised computer scientist, subject field System Integration

Specialised computer scientists master both technical and commercial challenges. They convert the requirements and demands of the users into hardware and software. In addition, they are on hand to give customers and users professional advice and technical support. Our trainees' daily routines comprise, for example, the conception and realisation of information and communication solutions in accordance with the given request. To do this, they network hardware and software components to form complex systems. Following their training, they work in companies with different industrial backgrounds, especially in the IT sector. The professional training takes three years

and ends with an examination before the Chamber of Commerce and Industry (IHK).

### Electronics engineer for devices and systems

Electronics engineers for devices and systems produce components and devices for information technology or communication technology applications, for example. They put the systems and devices into operation, and also maintain them. This occupation requires IT competences, such as the ability to install and configure IT systems or select and apply the appropriate software. Their professional careers are in the fields of manufacturing, testing and quality control, maintenance and repair, or even in the field of design and development. This vocational training lasts 3 ½ years and ends with an examination before the Chamber of Commerce and Industry (IHK).

Since we first became involved in this area of training, 30 young people have completed their apprenticeship with us (three Electronics engineer for devices and systems, one Information technology officer and 26 Computer scientist, subject area system integration). The current trainees are:

Electronics engineer for devices and systems:

- Jan Moeller
- Fabian Ritter

Computer scientist, subject area system integration:

- David Akin
- Gabriyel Akin
- Theresa Huck
- Witalij Nenachov
- Rene Neugebauer
- Hanna Schraven

## Was wurde aus unseren Alumni?

1.

### Prof. Dr. Christian Schindelhauer

**Forschung:** Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg

Christian Schindelhauer ist seit 2006 Professor für Informatik am Lehrstuhl Rechnernetze und Telematik an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Im Rahmen seiner Forschung beschäftigt er sich mit dem Entwurf und der theoretischen Analyse von Algorithmen für Ad-hoc-Netzwerke, Peer-to-Peer-Netzwerke sowie Sensor- und Speichernetzwerke.

*Habilitation 2002 an der Universität Paderborn, Prof. Meyer auf der Heide*

2.

### Dr. Alexander Klaas

**Unternehmen:** Miebach Consulting GmbH  
Alexander Klaas ist Berater im Bereich Simulation. Er leitet und bearbeitet Projekte zur Durchführung von Studien mittels Materialflusssimulationen, um einzelne logistische Anlagen, gesamte Produktionswerke bis hin zu Supply Chains zu planen und zu optimieren.

*Promotion 2014 bei Prof. Dangelmaier*

3.

### Dr. Christian Heinzemann

**Unternehmen:** Robert Bosch GmbH  
Christian Heinzemann ist Forschungsingenieur im Zentralbereich Forschung und Vorausentwicklung. Dort ist er für die Entwicklung von Methoden und Frameworks für die modellbasierte Entwicklung und Verifikation von Software für technische Systeme verantwortlich.

*Promotion 2015 bei Prof. Schäfer*

4.

### Dr.-Ing. Karsten Stoll

**Unternehmen:** WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG

Karsten Stoll ist Head of Product Management Electrical Interconnections. Er verantwortet Produktstrategie, Marketingkommunikation und technischen Support für Reihenklemmensysteme, Leiterplattenanschlusstechnik und Verbindungsklemmen.

*Promotion 2009 bei Prof. Gausemeier*

5.

### Prof. Dr. Artur Czumaj

**Forschung:** Universität Warwick, Großbritannien

Nachdem Artur Czumaj einige Jahre in den USA verbracht hat, ist er jetzt Professor und Direktor des Zentrums für Diskrete Mathematik und ihre Anwendungen (DIMAP), Universität Warwick, Großbritannien. Sein Forschungsgebiet ist die Theoretische Informatik, insbesondere die Analyse und der Entwurf von Algorithmen und Datenstrukturen.

*Promotion 1995 und Habilitation 1999, Prof. Meyer auf der Heide*

6.

### Sarah Flottmeier

**Unternehmen:** HELLA KGaA Hueck & Co  
Sarah Flottmeier ist Lead Design Engineer in der Abteilung Design Lighting Electronics. Innerhalb des disziplinübergreifenden Entwicklungsprozesses von Steuergeräten für Lichtfunktionen ist sie verantwortlich für die Projektierung in der Domäne Konstruktion

*Promotion geplant 2016 bei Prof. Trächtler*



## Our Graduates' Careers

1.

### Prof. Dr. Christian Schindelhauer

**Research:** Albert-Ludwigs-University of Freiburg

Christian Schindelhauer has been a professor for computer science at the chair Computer Networks and Telematics at Albert-Ludwigs-University of Freiburg since 2006. His research deals with the design and theoretical analysis of algorithms for ad-hoc networks, peer-to-peer networks, sensor networks and memory networks.

*Habilitation in 2002 at Paderborn University, Prof. Meyer auf der Heide*

2.

### Dr. Alexander Klaas

**Company:** Miebach Consulting GmbH  
Alexander Klaas is a Consultant in the field of Simulation. He leads and works on projects to conduct studies using material flow simulations in order to plan and optimise logistic systems, whole production plants or complete supply chains.

*Graduation in 2014 with Prof. Dangelmaier*

3.

### Dr. Christian Heinzemann

**Company:** Robert Bosch GmbH

Christian Heinzemann is a research engineer in corporate research. He is responsible for the development of methods and frameworks for the model-based development and verification of software of technical systems.

*Graduation in 2015 with Prof. Schäfer*

4.

### Dr.-Ing. Karsten Stoll

**Company:** WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG

Karsten Stoll is Head of Product Management Electrical Interconnections. He is responsible for product strategy, marketing and technical support for rail mounted terminal block systems, PCB connectors and installation connectors.

*Graduation in 2009 with Prof. Gausemeier*

5.

### Prof. Dr. Artur Czumaj

**Research:** University of Warwick, United Kingdom

After spending a few years in the US, Artur Czumaj is now Professor and Director of the Centre for Discrete Mathematics and its Applications (DIMAP), University of Warwick, United Kingdom. His research area is Theoretical Computer Science, especially the analysis and design of algorithms and data structures.

*Graduation in 1995 and Habilitation in 1999, Prof. Meyer auf der Heide*

6.

### Sarah Flottmeier

**Company:** HELLA KGaA Hueck & Co

Sarah Flottmeier works as Lead Design Engineer in the Design Lighting Electronics department. Within the interdisciplinary development process for electronic control units for light functions, she is responsible for projecting in the domain mechanical design.

*Graduation planned for 2016 with Prof. Trächtler*

## Portraits der Fachgruppen

## Workgroup Portraits



Prof. Dr. rer. nat. Franz J. Rammig, Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier, Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide, Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer, Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil, Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt, Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler, Prof. Dr. Volker Peckhaus (v.l./FLTR)

### Fachgruppen des Instituts

#### Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM

In Deutschland auch morgen wirtschaftlich produzieren  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos

#### Strategische Produktplanung und Systems Engineering

Erfolgspotenziale der Zukunft erkennen und erschließen  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Seniorprofessor)

#### Produktentstehung

Systematisch und effizient Geschäftschancen der Zukunft erschließen  
Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

#### Kontextuelle Informatik

Technik für Menschen gestalten  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

#### Algorithmen und Komplexität

Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Heiko Hamann  
Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik

#### Seniorprofessur Prof. Rammig

Verteilte Eingebettete Realzeitsysteme werden beherrschbar  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

#### Softwaretechnik

Prozesse, Methoden, Techniken und Werkzeuge für den Software-Lebenszyklus  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

#### Schaltungstechnik

Integrierte Schaltungen für Kommunikation und Sensorik  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

#### Regelungstechnik und Mechatronik

Entwurf, Regelung und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

#### Assoziierte Fachgruppe

#### Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Nachdenken über Wissenschaft und Technik  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Workgroups of the Institute

#### Business Computing, especially CIM

Producing Economically in Germany Tomorrow  
Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Assistant Prof. Dr. Michaela Geierhos

#### Strategic Product Planning and Systems Engineering

Identifying and Exploiting the Success Potentials of Tomorrow  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Senior Professor)

#### Product Creation

Systematic and Efficient Approaches to Unlock Future Opportunities  
Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

#### Contextual Informatics

Designing Technology for People  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

#### Algorithms and Complexity

High Performance = Innovative Computer Systems + Efficient Algorithms  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Heiko Hamann  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik

#### Senior Professorship Prof. Rammig

Distributed Embedded Real-Time Systems Become Manageable  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

#### Software Engineering

Processes, Methods, Techniques and Tools for the Software Life Cycle  
Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

#### System and Circuit Technology

Integrated Circuits for Communications and Sensors  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

#### Control Engineering and Mechatronics

Design, Control, and Optimisation of Intelligent Mechatronic Systems  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

#### Associated Workgroup

#### Philosophy of Science and Technology

Reflecting on Science and Technology  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## In Deutschland auch morgen wirtschaftlich produzieren

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos

Deutschland kann nicht nur von Dienstleistungen leben. Wir wollen 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.

E-Mail: [Wilhelm.Dangelmaier@hni.upb.de](mailto:Wilhelm.Dangelmaier@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 85

 [www.hni.upb.de/cim](http://www.hni.upb.de/cim)

 acatech


MITGLIED VON  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

## Producing Economically in Germany Tomorrow

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Assistant Prof. Dr. Michaela Geierhos

Germany cannot live from the provision of services alone. Companies will still be producing goods in Germany tomorrow, as long as production, procurement and selling processes meet the highest standards of effectiveness and efficiency. This development comprises an increase in product quality as well as ever-shorter delivery and turn-around times. In this context, it is necessary to develop innovative procedures which enable companies to advance to a status that is possible from today's point of view.

E-mail: [Wilhelm.Dangelmaier@hni.upb.de](mailto:Wilhelm.Dangelmaier@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 85

 [www.hni.upb.de/en/cim](http://www.hni.upb.de/en/cim)

 acatech

MEMBER OF  
GERMAN AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



## Fachgruppe Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM

Unser Denken orientiert sich am Leistungserstellungsprozess. Die Analyse von Schwachstellen, die Erprobung von Lösungsansätzen, die ganzheitliche Optimierung von Prozessen, Abläufen und Netzwerken lassen sich mit unseren Werkzeugen durchgängig von der Konzeption eines Leistungserstellungnetzwerks bis zur Implementierung eines Produktionsplanungs- oder Logistiksteuerungssystems bewerkstelligen.

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. Produktionsnetzwerke folgen unterschiedlichen Zielsetzungen wie der Maximierung der Kundenzufriedenheit oder der Minimierung der Anpassungskosten oder der Lieferzeit. Diese Ziele sind geeignet, sie 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. 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 Arbeiten an.

Den ersten Schwerpunkt setzen wir in der Verbindung von Planung und Steuerung: Es reicht immer weniger aus, aufbauend auf starren Strukturen und Zuordnungen, Losgrößen und Reihenfolgen zu optimieren. Vielmehr ist die Aufbauorganisation ständig am Markt, an der Liefersituation und an der Konkurrenz zu messen. Material-, Personal- und Betriebsmittelressourcen sind ständig an die aktuellen Bedarfsorte zu verschieben. Und dies gilt für alle hierarchischen Ebenen:

Standorte sind zu eröffnen und zu schließen und in der Konsequenz Arbeitsinhalte in den einzelnen Netzwerkknoten neu zu definieren. Genauso aber sind die Arbeitsinhalte an einem Montageband an jeder Station zu überdenken, wenn sich für das nächste Quartal das Produktionsprogramm ändert.

Ein zweiter Schwerpunkt hat sich in der letzten Zeit in ganz besonderer Weise in der Konzeption von Planungs- und Steuerungsverfahren eröffnet. War vor einiger Zeit noch eine Heuristik für das Steiner-Weber-Problem oder die kürzeste Operationszeit-Regel für die Reihenfolgebildung ausreichend, die mühsam in ein Computerprogramm umgesetzt wurde, so können wir uns heute dank der modernen Solver wie CPLEX oder MOPS voll auf die Modellerstellung konzentrieren und Ziel-funktionen und Randbedingungen für ein Optimierungsproblem zusammenstellen. Gegebenenfalls erhalten wir dann  $10^7$  Einzelbedingungen für die Gestaltung eines Unternehmensnetzwerkes mit 28 Unternehmensstandorten. Die Rechner des Heinz Nixdorf Instituts arbeiten an der Lösung mehr als einen Tag. Aber was spielt das für eine Rolle, wenn am Ende für das nächste Jahr die optimale Konfiguration festliegt?

Unser dritter Schwerpunkt, die Simulation, ist konsequenterweise kein Werkzeug mehr, das ausschließlich die Konsequenzen einer festgelegten Organisation aufzeigt – und dann den Anwender ratlos zurücklässt. Wenn die Planung und Steuerung Optimierungswerkzeuge verwenden, dann müssen diese Werkzeuge auch in der Simulation ihr Abbild finden: Simulationsprogramme müssen ein begrenztes Forward-Tracking beherrschen, antizipativ Entscheidungen treffen und Steuerungsregeln aktiv parametrisieren. Simulation ist damit kein Werkzeug mehr, das am Ende einer Fabrikplanung zeigt, was man sich ausgedacht hat. Simulation ist auch kein Werkzeug mehr, das von der Reihenfolgeplanung völlig getrennt zu sehen ist: Unsere Werkzeuge sind dazu da, aufsetzend auf einer realen oder zu realisierenden Produktion für die Zukunft Möglichkeiten zu erproben, zu bewerten und bestmögliche Abläufe zu garantieren – und dies ständig während der gesamten Produktionsdauer.

## Workgroup Business Computing, especially CIM

We address all technological and business-management problems occurring in supply chain management and production and logistic processes. For problem solving, we apply innovative information technology. The objective of the department is to strengthen the competitive situations of industrial and service companies. Our approach is process aligned – aligned to the process of creating goods and services.

In the worldwide competition for market share, the strategy of most companies is to offer customer-oriented products and services to distinguish them from competitors. Production networks pursue different goals, i. e. maximisation of customer satisfaction or minimisation of adjustment cost or delivery time. These goals are suited for prioritising, developing strategies for their achievement and providing individual work systems with a hierarchically structured production network with adequate adaptation intelligence. We take the limited finances and resources available for this adaptation into account. In a company's own interest, supply dependencies cannot be adjusted arbitrarily, and machines can only be upgraded to a certain extent. Financial means invested in a location will not be available for the opening or acquisition of a plant at another location or for opening up a new market in another region. The benefit to the customer is obvious when the product and/or service does not differ in price, quality and delivery time from standard offers. The challenge for logistics is to reconcile extremely diverse or contradictory demands made on the process of production of goods and services. Increasing logistics costs is not a solution, even though each activity unit must be defined, produced, packed, dispatched and transported individually. It is, therefore, only a question of using resources more efficiently and intelligently. Our efforts will be channelled in this direction.



Motorenmontage als Fließproduktion  
Engine assembly as a serial production

The first focus of our research is the integration of planning and control. Simply optimising batch sizes and sequences is often not enough. In fact, the organisational structure must be constantly measured against the market, the supply situation and the competition; material, human and operational resources have to be adjusted and transferred to where they are currently needed. This applies equally to all levels of the hierarchy: locations must be opened and closed and the respective work content of network nodes redefined. Every stage of assembly line work must also be reconsidered whenever the production schedule is due to change ahead of the next quarter.

The second area of research focus has recently been established in the conception of planning and control methods. Only a short time ago, a heuristic approach for the Steiner-Weber model or shortest operation time rule for sequence planning was sufficient, yet had to be tediously converted into a computer program. Today, and thanks to modern solvers such as CPLEX or MOPS, we can concentrate fully on modelling and compile objective functions and restrictions for an optimisation issue. We are able to include  $10^7$  restrictions for the configuration of an enterprise network with 28 locations. Our computers need more than one day for the solution. However, does it matter if the optimal configuration for the end of the next year is fixed? Our third research focus, namely simulation, is consequently not just a tool which solely points out the consequences of a specified organisation and leaves the user helplessly behind. If the planning and control processes use optimisation, this also has to be mapped within the simulation: simulation programs need to be able to handle a limited forward tracking to make a decision anticipatively and to parameterise control rules. Simulation does not only present factory planning, but is instead one that thinks up. Simulation is also not to be considered separately from the sequence planning: Our tools can be used for simulating future possibilities of real production, to evaluate and to guarantee the best possible procedures and this must be maintained throughout the whole production cycle.

## Intelligente Maschineneinrichtung

### Ein simulationsbasierter Optimierungsansatz auf Basis für virtuelle Werkzeugmaschinen

In der heutigen Zeit werden bei Werkzeugmaschinen durch verbesserte Hardware, Antriebe und Werkzeuge marginale Verbesserungen des Fertigungsprozesses erreicht, die aber einen hohen Entwicklungsaufwand mit sich bringen. Um weitere Potenziale hinsichtlich der Verbesserung eines gesamten Produktionsprozesses nutzen zu können, wird die Minimierung von Rüst- und Nebenzeiten von Werkzeugmaschinen angestrebt.

Die Einrichtkonfiguration von Werkzeugmaschinen, insbesondere die Positionierung von Werkstück und Spannmittel auf dem Maschinentisch sowie das Verhalten der Fertigung durch das zugehörige NC-Programm, werden vor der realen Fertigung kostengünstig durch eine Maschinensimulation überprüft, um z. B. Fertigungsfehler und Schäden durch ungewollte Kollisionen zu vermeiden. Die Positionierung des Werkstücks auf dem Maschinentisch wird in der Regel nach bewährtem Muster und der Erfahrung der Mitarbeiter vorgenommen, wodurch unvorhersehbare und „umständliche“ Maschinen-Verfahrwege während der Bearbeitung auftreten können.

#### Ansatz simulationsbasierter Optimierung

Ein empirisches Vorgehen sichert die Aussagequalität über viele Parameterkonfigurationen zur Aufspannlage, was zu einer hohen Anzahl an Simulationsdurchläufen führt und damit hohe Rechenleistungen erfordert. Hier bietet der Einsatz klassischer statistischer Versuchsplanungsmethoden gute Möglichkeiten, den Experimentieraufwand in einem sinnvollen Rahmen zu halten. Allerdings zeigt die Praxis, dass auch diese Vorgehensweise zu hohen Rechenbedarfen führt. Um diesem Problem sinnvoll entgegenzuwirken, wird als Teilziel des Verbundprojekts „Intelligente Arbeitsvorbereitung auf Basis virtueller Werkzeugmaschinen“ (InVorMa) im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL der Ansatz der simulationsbasierten Optimierung auf Basis virtueller Werkzeugmaschinen verfolgt. Ziel sind eine intelligente Versuchsplanung und die schnelle Abprüfung des Maschinenarbeitsraums nach validen


Aufspannparametern. Die Optimierungskomponente wird dabei durch einen Partikelschwarm-Algorithmus gestellt, eine an das Schwarmverhalten angelehnte Metaheuristik, die durch ein schnelles Konvergenzverhalten Lösungen generiert.


#### Erweiterung der Optimierungskomponente

Damit die Lösungssuche unter Berücksichtigung einer signifikant hohen Anzahl an Lösungskandidaten sowie unter Ausschaltung von Kollisionen in der Maschinenumgebung praxistauglich gestaltet werden kann, wird die Optimierungskomponente um eine asynchrone Konfigurationsoption erweitert. Dadurch werden Lösungskandidaten in Jobs aufgeteilt und auf mehrere Rechnerressourcen vergeben, ohne dass dabei die Optimierung unterbrochen wird oder das Ende jeder Iteration abgewartet werden muss. Um ungünstige Gebiete im Arbeitsraum der Maschine vorab zu identifizieren, wird die Optimierung durch Clustering-Algorithmen ergänzt.

#### Scheduling der Simulationsjobs

Die Optimierungsergebnisse sowie notwendigen Simulationsdurchgänge zur endgültigen Evaluation der Maschinenkonfiguration werden mithilfe einer zentralen Datenbank verwaltet. Ein „Scheduling-System“ verteilt die erstellten Simulationsjobs auf verfügbare virtuelle Werkzeugmaschinen und Computerressourcen.

 **M.Sc. Jens Weber**  
E-Mail: Jens.Weber@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 31

 Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Projektträger: PTKA (Projektträger Karlsruhe)

 [www.hni.upb.de/cim](http://www.hni.upb.de/cim)

## Intelligent Machine Setup

### A Simulation-Based Optimisation approach based on Virtual Tooling Machines

Today, marginal improvements to production processes can be achieved via improved hardware, drives and tools, but require a high level of development effort. In order to be able to aspire to further potential improvements to the entire production process, the minimisation of setup times and auxiliary process/idle time is sought.

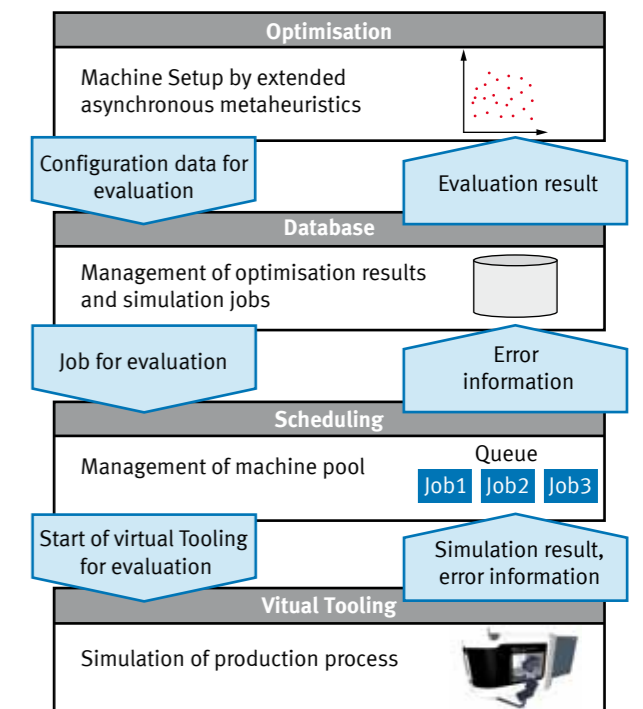
The setup configuration of tooling machines, especially the positioning of the workpiece, workpiece clamp on the machine table and the behaviour of the production process caused by the associated NC-program have been evaluated for cost-effectiveness by a machine simulation before the real production starts, thus preventing production errors and machine damage caused by collisions. The positioning of the workpiece on the machine table normally depends on the work specimen and machine operator experience, which can cause unpredictable and inconvenient tool paths to occur during the production process.

#### Approach of Simulation Based Optimisation

An empirical procedure ensures the information quality of the machine setup which leads to the requirement of a high number of simulation runs. The use of classical experiment design methods offers useful opportunities to decrease the experimental complexity. However, it appears that this approach also leads to the need for a high computing capacity. To mitigate this problem, a sub-goal of the cooperative project “virtual machine tools for production planning”, as part of the “Spitzencluster it's OWL”, is to pursue the implementation of a simulation-based optimisation approach based on virtual tooling machines. The objective target is to develop an intelligent experimental design to rapidly verify setup positions in the machine workspace. A particle swarm algorithm is used for the optimisation component, which is a metaheuristic inspired by swarming behaviour to generate solution candidates with quickly converging behaviour.

#### Extension of the Optimisation Component

The optimisation component is extended by an asynchronous configuration feature implementing the practical solution search within a range of a high number of solution candidates and by excluding collisions in the machine environment. Thus, solution candidates are divided into several batches and these batches are distributed across many computer systems without interrupting the optimisation process or needing to wait for each iteration to come to an end. To identify invalid areas in the workspace of the machine in advance, the optimisation was further extended via clustering-algorithms.



Intelligente Maschineneinrichtung  
Intelligent machine setup

#### Scheduling of Simulation Jobs

The optimisation results and the required simulation runs evaluating the final machine setup are managed by a central database. A scheduling system distributes the simulation jobs over available virtual tooling machines and computing resources.

 **M.Sc. Jens Weber**  
E-mail: Jens.Weber@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 31

 Supported by: Federal Ministry of Education and Research  
Project management: Project Management Agency Karlsruhe

 [www.hni.upb.de/en/cim](http://www.hni.upb.de/en/cim)

## Analytische Herleitung der Reihenfolgeregeln

### Kostenreduzierung durch Entzerrung hochauslastender Konfigurationen

Durch den Wandel der Märkte vom Verkäufer- zum Käufermarkt müssen immer individuellere Objekte in großen Mengen produziert werden. So bietet beispielhaft BMW bis zu 1032 mögliche Varianten an. Die sogenannte „Variantenfließfertigung“ hat sich hierfür als geeignete Produktionsform erwiesen. Die Reihenfolge der Aufträge kann signifikante Auswirkungen auf die Effizienz dieser Produktionsform haben und wird im Rahmen dieses Projekts fokussiert.

Getaktete Variantenfließlinien zeichnen sich durch sequenziell angeordnete Stationen und eine definierte Taktzeit aus. Die Taktzeit gibt vor in welchen Zeitabständen neue Aufträge der Linie übergeben werden. Die Bearbeitungszeit, die innerhalb eines Taktes an einem Arbeitsplatz durchzuführen ist, kann stark schwanken, da neben Standard-Arbeitsvorgängen, die bei jedem Auftrag notwendig sind, auch Sonder-Arbeitsvorgänge existieren, die nur bei gewissen Varianten notwendig werden. So sind beispielhaft Hunderte Bearbeitungszeiten auf einem einzelnen Arbeitsplatz keine Seltenheit.

Zur Effizienzsteigerung werden Bearbeitungszeiten zugelassen, die die Kapazität eines Werkers überschreiten (sogenannte „Übertaktvarianten“). Dadurch ist der Werker gezwungen, in angrenzende Stationen hineinzuarbeiten, um den Auftrag vollständig bearbeiten zu können. Falls mehrere Übertaktvarianten hintereinander bearbeitet werden müssten, wäre der Werker gezwungen, immer weiter aus seiner Station herauszuarbeiten. Dies wird allerdings nicht beliebig weit zugelassen, da hierdurch technische Restriktionen verletzt werden könnten, wie beispielhaft Werkzeuge, die nicht beliebig weit mitgeführt werden können. Solche Grenzen werden durch die „Driftgrenze“ definiert. Diese beschränkt,



Getaktete Variantenfließlinie  
Paced assembly line



**M.Sc. Paul Markwart**  
E-Mail: Paul.Markwart@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 68 26 270



Projektpartner: Taktiq GmbH & Co. KG



[www.hni.upb.de/cim](http://www.hni.upb.de/cim)

wie weit ein Werker aus seiner Station herausarbeiten darf. Überquerungen dieser Grenze müssen kompensiert werden, doch sind dadurch zusätzliche Kosten notwendig. Ziel der Reihenfolgeplanung ist es, diese Driftgrenzüberschreitungen zu verhindern, indem hochauslastende Aufträge im Wechsel mit niedrigauslastenden Aufträgen eingeplant werden.

Um dieses Ziel zu erreichen wird, in der Praxis oftmals das sogenannte „Car-Sequencing“ eingesetzt, bei dem mithilfe von „Reihenfolgeregeln“ hochauslastende Konfigurationen durch Abstandskriterien entzerrt werden. Jede Reihenfolge-regel besteht aus einer zu entzerrenden Konfiguration, wie beispielhaft „Rechtslenker & Schiebedach“, und einem Abstandskriterium, wie beispielhaft „1 aus 2“. Die Anzahl an sequenzabhängigen Überlastungssituationen ist stark abhängig von der Qualität der Reihenfolgeregeln. Falls falsche Konfigurationen oder falsche Abstände definiert werden, können die Driftgrenzüberschreitungen trotz der Entzerrung durch die Regeln nicht minimiert werden.

Die Reihenfolgeregeln werden i. d. R. durch Erfahrungswerte der Planer und Werker definiert, doch wird dies durch die zunehmende Variantenvielfalt immer komplexer. Ziel dieses Projekts ist es, mithilfe von analytischen Verfahren die Reihenfolgeregeln herzuleiten, sodass möglichst viele Driftgrenzüberschreitungen verhindert werden. Dadurch werden Effizienzsteigerungen in der Endmontage oder Kostenreduzierungen ermöglicht.

## Analytical Sequencing Rule Design

### Cost reduction by spacing out time-consuming configurations

The markets changed from a seller's market to a buyer's market and more and more individualised objects must be produced in high quantities. E. g., BMW offers up to 1032 different possible variants. Paced assembly lines established as a suitable production form. The sequence of the orders influences the efficiency of this production form and must be determined under the given capacities of the assembly line. The sequencing problem is focused on in this project.

Paced assembly lines are characterised by sequentially aligned stations and a globally defined cycle time. The cycle time determines the time intervals in which new orders are passed over to the line. The processing times can vary heavily in each cycle and workplace because not only standard tasks are necessary, which must be processed on each order, but also special tasks, which must be processed only on certain configurations. Hundreds of different processing times at a single workplace are common.

To increase the overall efficiency of the line, variants are allowed with processing times higher than the cycle time. Because of that, the worker must work into surrounding stations ( $\Leftrightarrow$  drift). If multiple variants of that kind must be processed one after the other, then the worker would drift far out from his/her station. Because of technical restrictions, such tools which can't be carried along far out from the assigned station, or precedence constraints between the sequence of tasks, drift limitations are defined. Crossings of this drift limit must be compensated. This compensation requires additional work and costs. The goal of the sequencing is to minimise such drift limit crossings. This is achieved if the variants with high processing times are planned next to the variants with low processing times.

The so-called “car sequencing” is used for minimising such bottlenecks. The car sequencing is based on sequencing rules which space out variants with high processing times. Each sequencing rule is defined by a certain configuration like “right-hand drive & sunroof” and a defined density like “1 out of 2”. The number of drift limit crossings is highly dependent of a correct definition of the sequencing rules. If these rules are defined with incorrect configurations or densities than the drift limit crossings wouldn't be minimised.



Reihenfolgeregeln: „Schwarzer Lack – 1 aus 2“  
Sequencing rule: “black paint – 1 out of 2”

These rules are currently mostly defined based on the experience of the planner and worker but because of the increasing number of variants this definition is more and more complex. The goal of this project is to define sequencing rules with analytical methods for minimising the overall number of drift limit crossings. With this, the efficiency of the assembly line can be increased or the costs minimised.



**M.Sc. Paul Markwart**  
E-mail: Paul.Markwart@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 68 26 270



Project partners: Taktiq GmbH & Co. KG



[www.hni.upb.de/en/cim](http://www.hni.upb.de/en/cim)

## Natürlichsprachliche Anforderungsspezifikationen

Von ungefähren Vorstellungen zu konkreten Anforderungen an Software

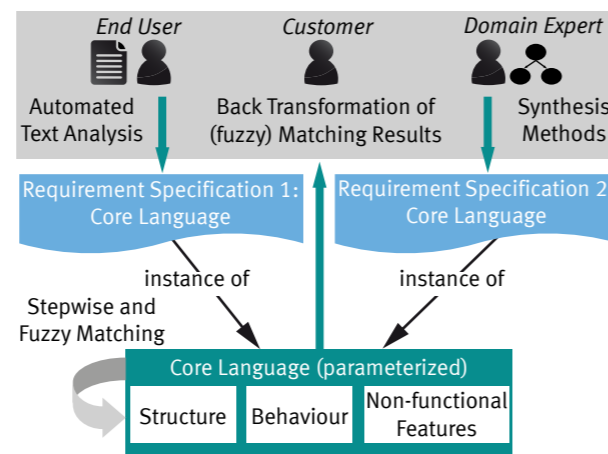
Kunden suchen Services, die ihren Vorstellungen entsprechen. Zur Spezifikation ihrer Anforderungen muss ihnen eine benutzerfreundliche Sprache zur Verfügung stehen, die intuitiv zu verstehen und zu verwenden ist. Deshalb kann der Endanwender künftig typische Szenarien einer gewünschten Anwendung natürlichsprachlich beschreiben. Hierfür werden verbale Verschriftlichungen von Serviceanforderungen maschinell analysiert und interpretiert.

### Mehr Benutzerfreundlichkeit

Natürlichsprachliche und beispielorientierte Anforderungsspezifikationen sollen prinzipiell für jedermann und in einer fortgeschrittenen Variante für Fachexperten konzipiert sein. Einerseits werden natürlichsprachliche Spezifikationen für Endanwender entwickelt, die auf textuellen, englischsprachigen App-Beschreibungen auf Servicemärkten wie z. B. Google Play beruhen. Hierfür werden zunächst unterspezifizierte Serviceanforderungen des Endanwenders maschinell analysiert, um Ungenauigkeiten in seinen Spezifikationen zu kompensieren. Andererseits sollen Fachexperten im Unternehmen ihre Anforderungen in Form von Beispielen angeben können, die dann in eine umfassende Spezifikation synthetisiert werden.

### Analyse von Servicebeschreibungen

Worte sind weniger genau, sodass sie sich dazu eignen, vage Ideen, die wir noch nicht vollständig durchdenken konnten, näherungsweise zu beschreiben. Deshalb halten Laien daran fest, erste ungefähre Vorstellungen mit Alltagssprache auszudrücken. Da Software-Entwickler eine bis ins Detail ausgearbeitete, formale Modellierungssprache zur Spezifikation nutzen, ist das Kernthema die Extraktion von Anforderungen aus Servicebeschreibungen und deren Transformation in bekannte formale Modellierungssprachen. Funktionale und nichtfunktionale Anforderungen kommen direkt vom Endanwender als Fließtext (Sätze oder Stichpunkte) und müssen von irrelevanten Informationen abgegrenzt (d. h. identifiziert,



Entwicklung benutzerfreundlicher Servicespezifikationen für Endanwender und Fachexperten  
Development of user-friendly service specifications for end users and domain experts

extrahiert und klassifiziert) werden. Dabei bedienen wir uns semantisch-syntaktischer Muster, um zwischen den Anforderungen Konzepten und Relationen zu erkennen.

### Strategien zur Kompensation von Unterspezifikation

Der Nachteil von verbalen Anforderungsbeschreibungen ist jedoch, dass diese oftmals komplex, vage und ambig sind. Dies kann zu Missverständnissen zwischen Kunden und Entwicklern führen, sodass Fehlinterpretationen von Anforderungen einer der Hauptgründe sind, warum Software nicht die Kundenanforderungen erfüllt. Auch mangelnde Präzision und Formalität von natürlichsprachlichen Beschreibungen erschweren ihre semantische Analyse und Extraktion. Ausgehend von Endanwendern, die nach Services suchen, die ihren vagen Anforderungen entsprechen, müssen Methoden entwickelt werden, um den verlustbehafteten Transfer von natürlicher Sprache in formale Repräsentationen und das damit verbundene Problem der Unterspezifikation von Serviceanforderungen zu lösen. Deshalb bedarf es fortgeschrittener Methoden, die Kunden bei der Anforderungsformulierung nicht einschränken, sondern fehlende Angaben sinnvoll kompensieren.

**Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos**  
E-Mail: Michaela.Geierhos@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 61

**M.Sc. Frederik Simon Bäumer**  
E-Mail: Frederik.Simon.Baumer@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 49

Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft, im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 901, Teilprojekt B1

[www.hni.upb.de/cim](http://www.hni.upb.de/cim)

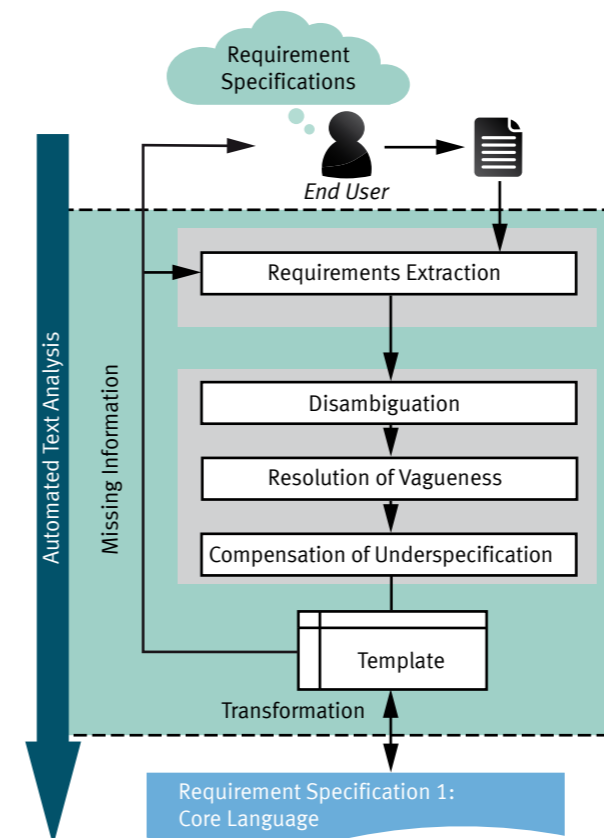
## Requirement Specifications Using Natural Language

From approximate ideas to precise software requirements

Customers are looking for services that meet their needs. When specifying their requirements, a user-friendly language must be available which is easy to understand and apply. Therefore, the users can describe typical scenarios of a requested software application in their own words (i. e. in natural language), before we perform an automated text analysis on the written (user-generated) software requirements.

### More user-friendliness

Requirement specifications should be designed for everyone and in a more advanced version for experts. On the one hand, natural language specifications are developed for end users and are somehow similar to English software descriptions provided by app marketplaces. Therefore, user-generated service requirements are processed to detect and compensate the inaccuracies of their initial specifications. On the other hand, domain experts can specify their requirements by example.



Transformation von natürlichsprachlichen Anforderungsbeschreibungen in formale Spezifikationen  
Transformation of natural language requirement descriptions to formal specifications

### Analysing service descriptions

Words are less precise, so they can be used to approximate ideas we do not clearly understand. That is the reason why non-experts stick to natural language specifications. Since software engineers use a very elaborate formal language for their specifications, the research focus is on the extraction of natural language requirements from user-generated service descriptions and their transformation to service specification languages. For that to happen, functional and non-functional requirements are given as plain text by end users and have to be separated from off-topic information. We, therefore, use semantic-syntactic patterns to identify concepts, relationships and even conditions between the different requirements.

### Resolution of underspecification

The disadvantage of verbal requirement descriptions is that these are often complex, vague and ambiguous. This can lead to misunderstandings between clients and developers, so that the misinterpretation of requirements is one of the main reasons why the final software product is disappointing for the customers. Furthermore, the lack of precision and formality of natural language descriptions complicates their semantic analysis and extraction. Considering the end users who are looking for services that meet their vague requirements, sophisticated methods have to be developed to adjust the lossy transfer of natural language to formal representations and solve the problem of underspecification of service requirements.

**Assistant Prof. Dr. Michaela Geierhos**  
E-mail: Michaela.Geierhos@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 61

**M.Sc. Frederik Simon Bäumer**  
E-mail: Frederik.Simon.Baumer@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 49

Supported by: German Research Foundation, Collaborative Research Center 901 (Project Area B1)

[www.hni.upb.de/en/cim](http://www.hni.upb.de/en/cim)



---

## Stephan Abke

M.Sc.  
Wirtschaftsinformatik, insbesondere CIM

---

Mein Name ist Stephan Abke, ich komme aus Osnabrück und arbeite seit April 2014 in der Fachgruppe „Wirtschaftsinformatik, insb. CIM“ bei Herrn Prof. Wilhelm Dangelmaier. Dort beschäftige ich mich unter anderem mit der Gestaltung von webbasierten Kollaborationssystemen. Als Stipendiat der International Graduate School „Dynamic Intelligent Systems“ gelingt mir dies unter Einbezug praxisrelevanter Problemstellungen.

Nach meinem Abitur habe ich 2007 mein Bachelor-Studium des Wirtschaftsingenieurwesens in Osnabrück aufgenommen. Im Rahmen meiner Bachelorarbeit in einem Konzern der kunststoffverarbeitenden Industrie (Röchling SE & Co. KG) entwarf ich ein Tool zur webbasierten Lieferantenbewertung. Dieses Projekt begleitete ich ein weiteres Jahr als Mitarbeiter der unternehmensinternen Organisationsentwicklung und konzentrierte mich fortan auf die systemische Abbildung von Geschäftsprozessen in Informationssystemen. Während meines Master-Studiums des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Paderborn sowie zwischenzeitlichen Auslandsaufenthalten in Schweden (Chalmers University of Technology) und Japan (Daimler AG) vertiefte ich meinen Fokus auf organisationale Kooperationen und deren informationstechnische Unterstützung.

Diese Ausrichtung greife ich durch meine Arbeit in der Fachgruppe auf und setze sie in Zusammenarbeit mit der Fakultät Wirtschaftswissenschaften und dem Zentrum für Informations- und Medientechnologien fort. Dabei ist meine aktuelle Arbeit der Schnittstelle zwischen Anwender und Informationssystem zuzuordnen. Ich beschäftige mich mit der Erstellung von Applikationen für webbasierte Kollaborationssysteme. Diese beschreiben Informations- und Kommunikationssysteme, die zielgerichtete, aber auch beiläufige Gruppenarbeit unterstützen bzw. ermöglichen, und dienen der technischen Unterstützung individueller sowie organisationaler Arbeitspraktiken. Besonders spannend finde ich dabei den regen Austausch mit Anwendern und darüber hinaus die technische Umsetzung in nutzungsoffener Applikationssoftware.

Mein Anspruch ist es, durch meine Arbeit in der Fachgruppe und im Austausch mit Wissenschaft und Wirtschaft die Entwicklung neuer Systeme zur Unterstützung individueller Arbeitspraktiken voranzutreiben. Für meine Zukunft wünsche ich mir, in einem ähnlich kreativen Umfeld arbeiten zu können wie zurzeit im Heinz Nixdorf Institut.

---

## Stephan Abke

M.Sc.  
Business Computing, especially CIM

---

My name is Stephan Abke, I am from Osnabrück and since April 2014 I have been working in the “Business Computing, especially CIM” workgroup of Prof. Wilhelm Dangelmaier. Here, I am dealing with the design of web-based collaboration systems. As a fellowship student of the International Graduate School “Dynamic Intelligent Systems” I manage this task including problems of practical relevance.

After my graduation, I received my bachelor’s degree in industrial engineering in 2007. As part of my bachelor’s degree thesis in a plastics processing company (Röchling SE & Co. KG), I designed a web-based tool for supplier evaluation. Subsequently, I accompanied the corporation’s organisational development department for one year and concentrated on the systemic mapping of business processes in information systems. During my master’s degree in industrial engineering at the Paderborn University as well as temporary stays in Sweden (Chalmers University of Technology) and Japan (Daimler AG), I deepened my focus on organisational collaboration and its support by information technology.

In alignment with my previous work, I have been continuing to emphasise on organisational collaboration and its technical implications in cooperation with the Faculty of Economics and the Centre for Information and Media Technologies. In this regard, my current work is to be assigned between user and information system: I am developing applications for web-based collaboration systems. These are information and communication systems which are supporting workgroups in their daily activities and, therefore, offer technical support for individual and organisational work practices. Besides the technical implementation in particular, it’s the users and their diverse requirements that contribute to an interesting and challenging field of work.

In interaction with academia and industry, my aim is to contribute to the development of new systems and strategies in order to support individual working practices. Looking to the future, I wish to work in an equally creative environment similar to the Heinz Nixdorf Institute.

»» Aus kleinen Teilen gemeinsam das große Ganze zu entwickeln fasziniert mich an der Wirtschaftsinformatik. ««

»» Collaboratively integrating small parts to a greater whole fascinates me about Business Informatics. ««



## Erfolgspotenziale der Zukunft erkennen und erschließen

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Seniorprofessor)

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 Erfolgspotenziale der Zukunft auf. Diese gilt es frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig zu erschließen.

E-Mail: Juergen.Gausemeier@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 67

[www.hni.upb.de/spe](http://www.hni.upb.de/spe)



## Identifying and Exploiting the Success Potentials of Tomorrow

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (senior professor)

Product and production system innovations are important levers for ensuring prosperity and employment in the future. Mechanical engineering and related areas, such as the automotive industry, are playing a key role today. These sectors demonstrate the relevant success potentials of the future. It is essential to identify these potentials early on and to exploit them at the right time.

E-mail: Juergen.Gausemeier@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 67

[www.hni.upb.de/en/spe](http://www.hni.upb.de/en/spe)



## Fachgruppe Strategische Produktplanung und Systems Engineering

Informations- und Kommunikationstechnik führen 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.

Die Produkte des Maschinenbaus und verwandter Branchen sind multidisziplinär; sie zu entwickeln erfordert Systems Engineering. Produktentstehung beschreibt den Prozess von der ersten Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Markteintritt und umfasst die Hauptaufgabenbereiche Strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung.

Bei aller Hinwendung zu Industrie 4.0 darf nicht übersehen werden, dass die Einführung und Nutzung von IT-Systemen am Ende einer gut überlegten Handlungskette steht und nicht am Anfang; das Pferd darf nicht von hinten aufgezäumt werden.

Wirkungsvolle IT-Systeme benötigen wohlstrukturierte Geschäftsprozesse; diese folgen wiederum einem innovativen

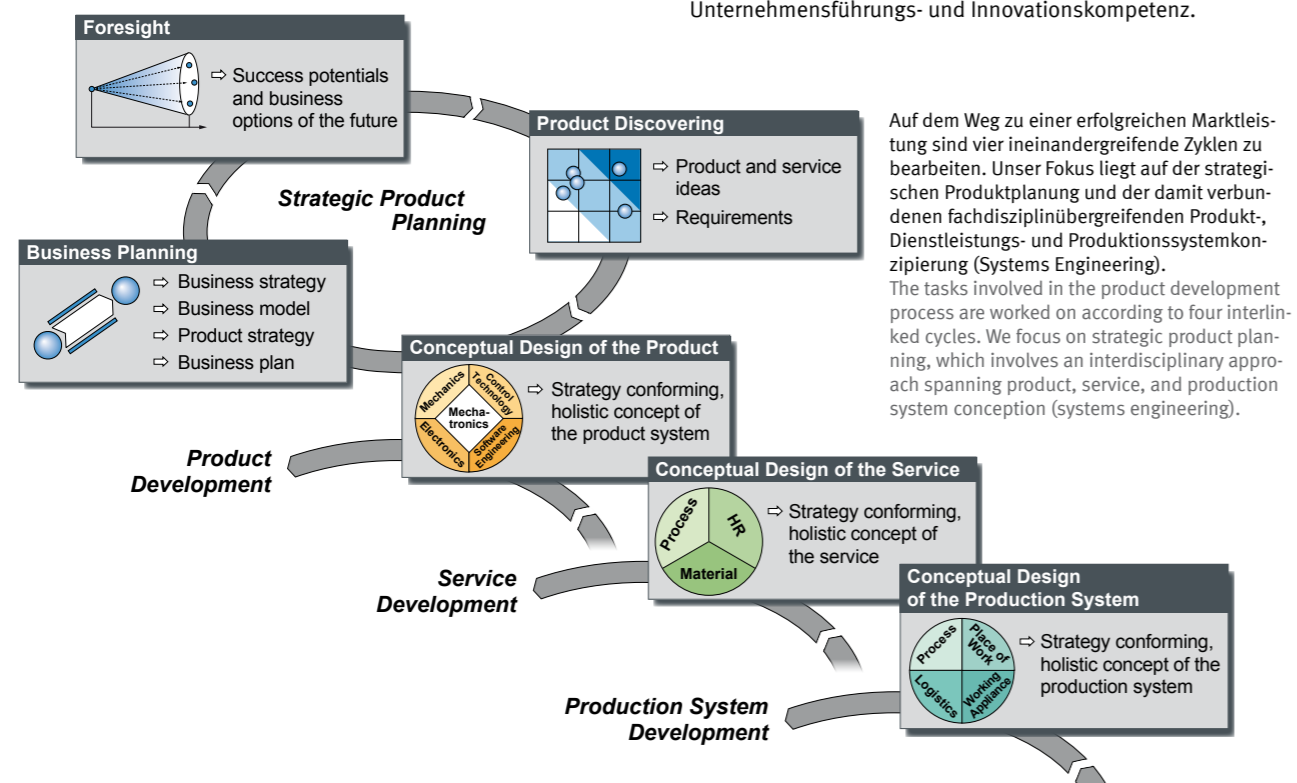
Geschäftsmodell, das darauf abzielt, die Erfolgspotenziale der Zukunft zu erschließen. Mit unserem Bestseller „Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung“ zeigen wir, wie ein Unternehmen seinen spezifischen Weg zu Industrie 4.0 finden kann.

Unsere Forschungsschwerpunkte sind:

- 1) Strategische Produkt-, Technologie- und Geschäftsplanung
- 2) Entwicklungsmethodik Mechatronik, Systems Engineering
- 3) Produktionssystemplanung

Unsere Spin-offs UNITY AG und Smart Mechatronics GmbH sowie die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik transferieren unsere Forschungsergebnisse in die Praxis.

In der Lehre konzentrieren wir uns auf Seminare, Studien- und Abschlussarbeiten in den Forschungsbereichen. Wir vermitteln Unternehmensführungs- und Innovationskompetenz.



## Workgroup Strategic Product Planning and Systems Engineering

Information and communication technology does not just lead to increased productivity. It also leads to the creation of new products and new markets. Our general aim is to increase the innovative strength of industrial companies. We develop methods and procedures.

Products from mechanical engineering and related sectors are multidisciplinary: Systems engineering is required to develop these products. Product engineering describes a process that starts with the initial product or business idea and continues until market entry. The process involves three main fields of activity: strategic product planning, product development and product system development.

With all due devotion to Industry 4.0: the rollout and employment of IT systems is the result and not the starting point of a deliberate chain of action.

Effective IT systems need well-structured business processes, which in turn follow an innovative business model. The latter aims at exploiting the potentials of tomorrow. In our bestseller "Future-oriented structuring of companies", we elaborate how companies can find their specific way to Industry 4.0.

Our research focuses are as follows:

- 1) Strategic product and innovation management, business planning
- 2) Design methodology for mechatronic systems, systems engineering
- 3) Integrative production system planning

Our spin-offs, Unity AG and Smart Mechatronics GmbH, and the Fraunhofer Project Group "Mechatronic Systems Design", all transfer our research results into real practice.

The aim of our teaching principles: we provide seminars and theses in our research areas. We communicate entrepreneurial and innovation skills.



**Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung** – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. überarbeitete Auflage, Carl Hanser Verlag, 2014



**Design Methodology for Intelligent Technical Systems** – Develop Intelligent Technical Systems of the Future. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014



**Systems Engineering in industrial practice**. Herausgeber: Heinz Nixdorf Institut, Fraunhofer IPT Entwurfstechnik Mechatronik und UNITY AG, 2015

## Selbstoptimierung – der Mensch als Vorbild

Die Maschine denkt mit, lernt und passt sich an.

Der Mensch kann Fehler oder Zielkonflikte selbstständig erkennen und korrigieren, die Maschine nicht. Das soll sich ändern. Daran arbeitet das Heinz Nixdorf Institut gemeinsam mit anderen Forschungseinrichtungen im Rahmen des BMBF-Spitzenclusters it's OWL.

Das Querschnittsprojekt Selbstoptimierung ist eines von insgesamt fünf Cluster-Querschnittsprojekten. Besonders die Kompetenzen in den Bereichen Mechatronik, kognitive Informationsverarbeitung und Entwurfstechnik multidisziplinärer Systeme werden im Rahmen des Projekts aufgebaut. Hierdurch trägt das Projekt zur Stärkung der Technologiekompetenz des Spitzenclusters bei. Ein Beispiel für den Einsatz der Selbstoptimierung ist ein intelligentes Energiemanagement in Elektrofahrzeugen. Dieses verteilt die verfügbare Energie in Abhängigkeit der Betriebssituation und unter Berücksichtigung konkurrierender Systemziele (z. B. Leistungsfähigkeit maximieren gegenüber Reichweite maximieren) an die Verbraucher (z. B. Elektromotor). Hierdurch werden die begrenzten Energiereserven effizient eingesetzt und ein optimiertes Systemverhalten wird umgesetzt. Die Selbstoptimierung vollzieht sich dabei als stetig wiederkehrender Prozess – der sogenannte Selbstoptimierungsprozess.

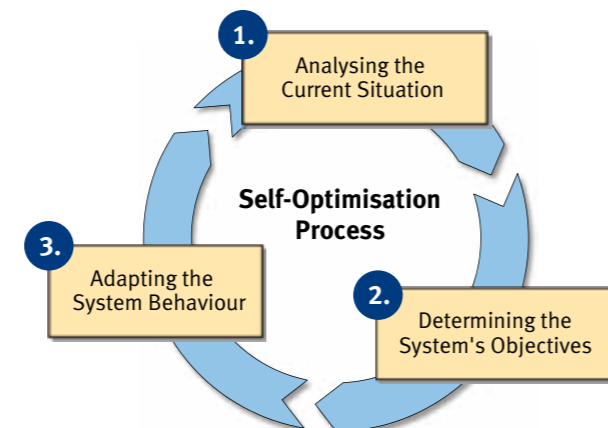
### Zielsetzung

Das Ziel des Projektes ist ein Instrumentarium zur Integration der Selbstoptimierung in die maschinenbaulichen Systeme von morgen. Dieses unterstützt die Ingenieure bei der Realisierung von intelligenten Produkten und Produktionssystemen. Hierdurch entstehen Systeme, die in der Lage sind, autonom und flexibel auf sich verändernde Betriebsbedingungen zu reagieren.

### Aktuelle Arbeiten im Bereich Wissenstransfer

Im Bereich der Potenzialanalyse von technischen Systemen wurde unter anderem eine Lackieranlage der Firma Venjakob Maschinenbau betrachtet. Grundlage für die Weiterentwicklung der Lackieranlage bildete die Analyse von Zusammenhängen zwischen den einzelnen Prozessschritten und Systemen. Hierzu wurde ein disziplinübergreifendes Systemmodell erstellt. Auf Grundlage dieser Systemspezifikation war es möglich, in einem ersten Schritt Fehlerquellen, Störungen oder unerwünschte Verhaltensweisen sowie deren Ursachen für das System Lackieranlage zu identifizieren. Für den Störfall einer unzureichenden Ionisierung ermittelte das Projektteam z. B. die Ursachen Verschmutzung des Ionisierstabes und falsche Einstellung des Netzteils. Für die Ionisierstäbe wurden mehrere mögliche Maßnahmen, um ein verbessertes System-

verhalten zu realisieren, identifiziert. Condition-Monitoring-Ansätze, mit denen der Zustand der Ionisierstäbe kontinuierlich überwacht wird, könnten bspw. zukünftig zum Einsatz kommen. Unter Berücksichtigung von Unternehmensstrategie, Technologie- und Marktbeurteilung werden die identifizierten Potenziale nun zu konkreten Handlungsoptionen ausgearbeitet und in eigenständige Projekte der unternehmensinternen Forschung und Entwicklung überführt.



Der Selbstoptimierungsprozess beschreibt die wiederkehrenden Prozessschritte zur Verhaltensadaption von selbstoptimierenden Systemen. The Self-Optimization Process describes the cycle of the behaviour adaptation of a self-optimising system.

**Dipl.-Ing. Peter Iwanek**  
E-Mail: Peter.Iwanek@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 26

**Dipl.-Ing. Daniel Köchling**  
E-Mail: Daniel.Koehling@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 35

Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Projektpartner: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Institut für Industriemathematik – IFIM, Research Institute for Cognition and Robotics – CoR-Lab, Center of Excellence Cognitive Interaction Technology – CITEC

[www.hni.uni-paderborn.de/spe](http://www.hni.uni-paderborn.de/spe)

## Self-Optimisation – Humans as a Role Model

The machine thinks, learns, and adapts itself.

Human beings are able to recognise and correct mistakes or conflicting objectives, while machines cannot. But this is about to change in the future. The Heinz Nixdorf Institute – in cooperation with other research facilities – works on this in the course of the it's OWL cross-sectional project “self-optimisation”.

The cross-section project self-optimisation is one of five cross-sectional projects. Especially the competencies in the fields of mechatronics, cognitive information processing and design of multidisciplinary systems to be established during the project. In this way, the project contributes to the strengthening of the technological expertise of the leading edge cluster. An example of the use of self-optimisation is an intelligent energy management in electric vehicles. This distributes the available energy dependent on the operating situation and taking into account competing system goals (e. g. maximise performance against maximise reach) to the consumer (e. g. electric motor). As a result, the limited energy reserves are used efficiently and implemented an optimised system behaviour. The self-optimisation accomplished as a constantly recurring process – the so-called self-optimization process.

### Objective

The aim of the project is a toolset for the integration of self-optimization into tomorrow's engineering systems. The toolset supports engineers at the realisation of intelligent products and production systems. Hereby, the resulting systems are able to react autonomously and flexibly to changing operating conditions.



Spritzkabinen stellen das Herzstück von Lackieranlagen dar. Lackpartikel werden mittels Druckluft in der Spritzkabine auf die Oberfläche des Werkstücks aufgebracht. (Quelle: Venjakob Maschinenbau)  
Surface spray painting machines are representing the core element of an entire surface coating system. Paint particles can be applied to the workpiece by compressed air in the surface spray painting machines. (Source: Venjakob Maschinenbau)

**Dipl.-Ing. Peter Iwanek**  
E-mail: Peter.Iwanek@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 26

**Dipl.-Ing. Daniel Köchling**  
E-mail: Daniel.Koehling@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 35

Supported by: German Federal Ministry of Research  
Project partners: Heinz Nixdorf Institute, Paderborn University, Institute for Industrial Mathematics – IFIM, Research Institute for Cognition and Robotics – CoR-Lab, Center of Excellence Cognitive Interaction Technology – CITEC

[www.hni.uni-paderborn.de/en/spe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/spe)

### Present projects in the field of knowledge transfer

Regarding the potential analysis of technical systems, a paint shop of the company “Venjakob Maschinenbau” was examined, among others. The analysis of connections between single process steps and systems served as a basis for the paint shop's further development. For this purpose, a cross-disciplinary model of the system was created. Based on the system specification, in a first step it was possible to identify disturbances and undesired behaviour along with their causes for the system “paint shop”. For the incident of an insufficient ionisation, for example, the project team determined two causes: soiling of the ionising bar and incorrect setup of the power supply. Regarding the ionising bars, several possible actions were identified to realise an improved system behaviour. It is there, for example, that approaches of continuous condition monitoring of the ionising bars could be deployed in the future. The identified potentials are now elaborated into practical options for action and are transferred to independent projects within the company's research and development, while considering the strategy of the company as well as and the technology- and market view.



## Industrie 4.0 – Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen

### und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung (INBENZHAP)

Industrie 4.0 eröffnet neue Perspektiven für den Wirtschaftsstandort Deutschland, sowohl als Leitmarkt als auch als Leitanbieter. Vor diesem Hintergrund stellen sich u. a. folgende Fragen: Welche Rahmenbedingungen müssen gegeben sein, damit Deutschland ein Leitmarkt werden kann? Wo liegen die Märkte für die Leitanbieterindustrie und was fordern diese? Auf welche Mitbewerber wird die deutsche Leitanbieterindustrie stoßen?

#### Zielsetzung

Ziel des Vorhabens sind Handlungsempfehlungen zur Gestaltung des Innovations- und Produktionsstandortes Deutschlands im Kontext von Industrie 4.0. Die Handlungsempfehlungen beruhen zum einen auf einer Standortbestimmung Deutschlands im internationalen Vergleich, zum anderen auf einer Analyse heute wahrnehmbarer sowie vorausgedachter Entwicklungen von Rahmenbedingungen und Technologien.

#### Vorgehen

Im Rahmen von drei Arbeitspaketen wurde ermittelt, wo Deutschland gegenwärtig im internationalen Vergleich zu verorten ist, wie sich die Märkte und Geschäftsumfelder zukünftig entwickeln werden und welche Konsequenzen zur Erreichung der Leitanbieterschaft und des Leitmarktes nötig sind.

#### Projektorganisation

Die Projektleitung obliegt Prof. Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institut) und Prof. Fritz Klocke (WZL, RWTH Aachen). Die beiden Institute bilden zusammen mit der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) das Kernteam. Darüber hinaus existiert ein erweitertes Kernteam, das sich zu halbjährlichen Workshops trifft. Es gliedert sich in einen Forschungskreis, Industriekreis und gesellschaftliche Gruppen. Im Forschungskreis arbeiten u. a. Lehrstühle aus den Bereichen Produktion, Informatik und Soziologie mit. Die gesellschaftlichen Gruppen umfassen beispielsweise Vertreter von Gewerkschaften und Verbänden.

**M.Sc. Daniel Eckelt**  
E-Mail: Daniel.Eckelt@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 61

Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Projekträger: PTKA (Projekträger Karlsruhe)

Projektpartner: Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen  
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

[www.hni.uni-paderborn.de/spe](http://www.hni.uni-paderborn.de/spe)



Formulierung von Handlungsempfehlungen  
Formulation of recommendations of action

#### Aktuelles

Am 7. Mai 2015 fand der dritte Workshop mit 50 Fachleuten in Berlin statt. Durch Analyse der zuvor erarbeiteten Umfeldszenarien und des Benchmarks wurde das Zielbild für Deutschland im Bereich Industrie 4.0 erarbeitet. Auf Basis des Zielbildes wurden anschließend 44 Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft formuliert. Diese adressieren fünf Stoßrichtungen: Akzeptanz fördern, Kompetenzen ausbauen, Innovationssystem verbessern, Kollaboration ermöglichen & Geschäftsmodelle gestalten und Kompetenz vermarkten & Marke pflegen.

In zwei Jahren wurden ca. 150 Interviews mit über 250 Interviewpartnern geführt. Die Interviews fanden in Deutschland und in sechs weiteren Ländern statt (USA, Brasilien, China (inkl. Taiwan), Japan, Singapur, Südkorea). International wurden weit über 100 Experten befragt.

Die Projektergebnisse werden gegenwärtig öffentlichkeitswirksam aufbereitet und im kommenden Jahr veröffentlicht. Geplant ist eine Broschüre, die durch online abrufbare Hintergrundinformationen untermauert wird. Die Vorstellung der Ergebnisse in der Öffentlichkeit erfolgt voraussichtlich im Juni 2016 auf dem BMBF-Produktionskongress.

## Industry 4.0 – International Benchmark, future options

### and recommended actions for production research (INBENZHAP)

Industry 4.0 opens up new perspectives for Germany as a location for business, both as a lead market and as a lead supplier. Against this background, the following questions need to be answered: Which framework conditions must be created so that Germany can turn into a lead market? Where are the markets for lead suppliers and what do they require? Who are the competitors of the German production industry?

#### Objective

The aim of the project is to give recommendations for action to shape Germany as a location for innovation and production in the context of Industry 4.0. The recommendations are based on one hand on a determination of Germany's international positioning, on the other hand on an analysis of today's perceptible developments as well as forward thinking developments of frameworks and technologies.

#### Approach

The project is divided into three working packages (WP):

- WP 1) Determining the current situation of Germany as compared to international competitors.
- WP 2) Thinking ahead the future development of markets and business environments.
- WP 3) Describing which consequences are necessary to become a lead supplier and a lead market.

#### Project organisation

Prof. Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institute) and Prof. Fritz Klocke (WZL, RWTH Aachen) coordinate the project. Both institutes form, together with the National Academy of Science and Engineering (acatech), the core team. In addition, an expanded core team exists, which meets at bi-annual workshops. It is divided into a research circle, industry circle



Umfeldszenarien für Deutschland im Jahr 2030  
Future options for Germany in 2030

**M.Sc. Daniel Eckelt**  
E-mail: Daniel.Eckelt@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 61

Supported by: German Federal Ministry of Research  
Project management: Project Management Agency Karlsruhe  
Project partners: Laboratory for Machine Tools and Production Engineering (WZL) of RWTH Aachen University  
acatech – National Academy of Science and Engineering

[www.hni.uni-paderborn.de/en/spe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/spe)

and social groups. In the research circle work inter alia manufacturing, computer science, and sociology chairs together. The social groups include, for example, representatives of trade unions and associations.

#### Current events

On 7 May, 2015, the third workshop with 50 experts took place in Berlin. By analysing the future options and benchmark results the German target for Industry 4.0 was developed. Based on the target 44 recommendations of action for politics, economy and research were elaborated. Those address five impact directions: Encourage acceptance, develop competencies, improve innovation system, enable collaboration & create business models and promote competencies & build a brand. During the project term of two years, approximately 150 interviews with more than 250 interview partners were conducted. The interviews took place in Germany and six other countries (USA, Brazil, China (included Taiwan), Japan, Singapore, South Korea). More than 100 experts were surveyed internationally.

Currently, the project results are being prepared for publication in 2016. The aim is a brief brochure – further information can be obtained online. The presentation of the project results is expected at the BMBF Production Congress in June 2016.

## Zukünftigen Unternehmenserfolg sichern

### Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – GEMINI

Mit dem Paradigma Industrie 4.0 bahnt sich für produzierende Unternehmen ein grundlegender Wandel ihrer Wertschöpfung an. Dies ermöglicht faszinierende, aber nahezu unüberschaubare Möglichkeiten innovativer Geschäftsmodelle. Für Unternehmen stellt sich die Herausforderung aufkommende Gefahren zu umschiffen, neue Chancen zu ergreifen und in Erfolg versprechende Geschäftsmodelle zu überführen.

#### Zielsetzung

Ziel des Projekts GEMINI sind Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0. Ergebnis ist ein Instrumentarium, welches Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge bündelt und Unternehmen befähigt, Geschäftsmodelle auf Basis Industrie 4.0-spezifischer Muster zu entwickeln und in die Praxis einzuführen.

#### Vorgehen

Ausgehend von existierenden Geschäftsmodellen werden allgemeine und Industrie 4.0-spezifische Geschäftsmodellmuster identifiziert (z. B. Fernwartung, Crowd-based Outsourcing). Diese Muster werden in einer Datenbank hinterlegt und können zu Erfolg versprechenden Geschäftsmodellen kombiniert werden. Das musterbasierte Vorgehen erleichtert die Geschäftsmodellentwicklung und erlaubt eine effiziente Einschätzung und Minimierung möglicher Risiken. Ferner vereinfacht ein bereitgestellter Geschäftsmodellkonfigurator die Erstellung von Geschäftsmodellen für die Anwender. Die Integration des entwickelten Geschäftsmodells in die unternehmerische Wertschöpfung wird durch einen Operationalisierungsplaner unterstützt.



Geschäftsmodellmuster als Kartenset  
Business model pattern


#### Pilotprojekte


Die Validierung der erarbeiteten Ergebnisse erfolgt im Rahmen verschiedener Pilotprojekte. Dabei werden unterschiedliche Schwerpunkte der Geschäftsmodellentwicklung vertieft. Im Pilotprojekt 1 (B2B-Plattform) wird eine Ressourcenbörse für die individuelle Vergabe von Fertigungsaufträgen in einem Netzwerk verteilter additiver Fertigungsmaschinen umgesetzt. Im Pilotprojekt 2 werden Cloud-basierte Services für Industrie 4.0 sowie deren tragfähige Geschäftsmodelle entwickelt. Des Weiteren werden neuartige Geschäftsmodelle für ausgewählte Projekte aus dem Förderprogramm Autonomik für Industrie 4.0 hergeleitet.

#### Transfer

In zahlreichen Veranstaltungen werden über die gesamte Projektlaufzeit Teilnehmer aus Wissenschaft und Wirtschaft für die Projektinhalte sensibilisiert und in den erarbeiteten Methoden geschult. In Workshops lernen sie, die entwickelten Methoden für die Veredelung eigener Geschäftsideen – vom Rohdiamant bis zum tragfähigen Geschäftsmodell – einzusetzen. Auf diese Weise unterstützt das Projekt GEMINI Unternehmen maßgeblich dabei, ihre Wertschöpfung auf das Paradigma Industrie 4.0 einzustellen und das resultierende unternehmerische Nutzenpotenzial zu erschließen.

Das GEMINI-Projekt läuft noch zwei weitere Jahre und ist Teil der Forschungsoffensive Autonomik 4.0 des BMWi (Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie).

 **M.Sc. Benedikt Echterhoff**  
E-Mail: [Benedikt.Echterhoff@hni.upb.de](mailto:Benedikt.Echterhoff@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 96

 Gefördert durch:  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

 [www.geschaeftsmodelle-i4o.de](http://www.geschaeftsmodelle-i4o.de)

## Securing future business success

### Business models for Industry 4.0 – GEMINI

The paradigm Industry 4.0 will lead to a fundamental change in the way manufacturing companies are creating value. It enables fascinating, vast possibilities for innovative business models. For companies, the challenge is to seize the new opportunities to circumvent emerging threats and to transform promising business models into a successful business.

#### Objective

Aim of the project GEMINI are sustainable business models in the context of Industry 4.0. The developed instrument combines methods, processes and IT-tools to enable companies to create individual business models and implement them in practice on a pattern-based approach.

#### Approach

Based on existing business models, generic and Industry 4.0-specific business model pattern are identified (e.g. remote maintenance, crowd-based outsourcing). These patterns are stored in a database and can be combined to promising business models. The pattern-based approach facilitates the business model development and supports an efficient assessment as risks are being minimised. In addition, GEMINI provides a business model configurator, which simplifies the creation of business models for potential users. The transformation of a developed business model into business value is supported by an operational planning tool.

#### Pilot projects

The validation of the achieved results is carried out in various pilot projects. Each project focuses different parts of the business model development process. Aim of pilot project 1 (B2B Platform) is the development of a resource exchange platform for additive manufacturing machines. Pilot project 2 focuses on developing cloud-based services for Industry 4.0 as well as their sustainable business models. Furthermore, new business models for selected projects from the call Autonomik for Industry 4.0 are derived.

#### Transfer

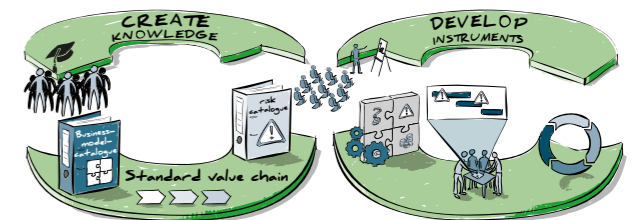
Numerous events are hosted over the entire duration of the project in order to raise the awareness of participants from science and industry, as well as enabling them to use the developed instruments. Workshop participants learn how to efficiently transform their business ideas into sustainable business models by using the methods developed in the context of

#### Goals

- Successful business models
- Industry 4.0 technologies
- Defined risks
- New value creation systems

#### Goals

- Instruments for pattern-based business model development
- Approach for linking technologies and business models
- Scheme for the evaluation of risks in business models
- Modelling language for designing specific value creation systems





Big Picture GEMINI: GEMINI fokussiert das Schaffen von Wissen (Geschäftsmodellmuster) und das Entwickeln und Einführen von Instrumenten

Big Picture GEMINI: GEMINI focuses on creating knowledge (business model pattern) and developing and introducing instruments

GEMINI. Therefore, the project supports companies in transforming their value processes concerning the paradigm Industry 4.0 and to open up the resulting business value potential.

The GEMINI project will continue two more years and is part of the research initiative Autonomik for Industry 4.0 of the BMWi (Federal Ministry of Economy and Energy).

 **M.Sc. Benedikt Echterhoff**  
E-mail: [Benedikt.Echterhoff@hni.upb.de](mailto:Benedikt.Echterhoff@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 96

 Supported by:  
Federal Ministry of Economy and Energy

 [www.geschaeftsmodelle-i4o.de](http://www.geschaeftsmodelle-i4o.de)



---

## Anne-Christin Lehner

Dipl.-Wirt.-Ing.  
Strategische Produktplanung und  
Systems Engineering

---

Seit April 2010 bin ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Produktentstehung“ (heute „Strategische Produktplanung und Systems Engineering“) von Herrn Prof. Jürgen Gausemeier tätig. Nach bestandem Abitur im Jahr 2005 habe ich an der Universität Paderborn Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Elektrotechnik studiert. Die Entscheidung für den Studiengang ist mir relativ leichtgefallen: Durch den elterlichen Elektrohandwerksbetrieb kam ich schon frühzeitig in Kontakt mit elektrotechnischen Anwendungen und betriebswirtschaftlichen Fragestellungen.

Auf die Fachgruppe bin ich durch das Projektseminar „Produktinnovation“ aufmerksam geworden. In dieser industrienahen Lehrveranstaltung bearbeiten acht Studierende über ein halbes Jahr eine konkrete Innovationsaufgabe eines Unternehmens. Die herausfordernden Aufgaben im Rahmen des Projektseminars als auch die bereichernde Zusammenarbeit mit den anderen Studierenden, wissenschaftlichen Mitarbeitern und Unternehmensvertretern haben dazu beigetragen, dass ich mich nach Abschluss meines Diploms bei der Fachgruppe beworben habe.

Einen besonderen Reiz meiner Tätigkeit stellt für mich heute wie damals die Verknüpfung von Grundlagenforschung und industrieller Anwendung dar. Das Wissen, dass die entwickelten Methoden nicht nur „für den Schrank“ sind, sondern in der industriellen Praxis angewendet werden, spornt mich dabei besonders an. Im Rahmen meiner Lehrtätigkeit hatte ich zudem zweimal die Möglichkeit, das Projektseminar „Produktinnovation“ selbst zu leiten. So hatte ich die Chance, meine Begeisterung für die Methoden der Strategischen Produktplanung an die Studierenden weitergeben zu können.

Im April 2014 habe ich eine Auszeit von der Fachgruppe genommen: Meine Tochter wurde geboren. Nach einer einjährigen Elternzeit bin ich im April 2015 wieder in die Fachgruppe eingestiegen, um meine Promotion zu beenden. In dieser beschäftige ich mich mit der Entwicklung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen für Entwicklungs- und Schwellenländer, sogenannten Frugal Innovations.

Wie es nach der Promotion weitergehen soll, steht bisher noch nicht fest. Eines ist allerdings sicher: Die Zukunft wird neue Herausforderungen bringen. Durch die in den letzten Jahren gewonnenen Erfahrungen kann ich diesen sicher entgegengehen.

---

## Anne-Christin Lehner

Dipl.-Wirt.-Ing.  
Strategic Product Planning and  
Systems Engineering

---

Since April 2010, I have been working as a research associate in the “Strategic Planning and Systems Engineering” workgroup led by Prof. Jürgen Gausemeier. After my graduation in 2005, I decided to study Industrial Engineering with major Electrical Engineering at the Paderborn University. The decision has been relatively easy: Due to my parents’ electrohandcraft enterprise, I learned about electrical applications as well as commercial questions early on.

I heard about the workgroup during the project seminar product innovation. In this course, eight students work on a real innovation task of a company for half a year. This comprises the identification of present and future success potentials, the generation of promising product ideas and the concretisation to product and business model concepts. The challenging tasks during the project seminar as well as the enrichment collaboration with the other students, research associates as well as business representatives led to my application at the workgroup.

The link between basic research and industrial applications is still appealing to me. The knowledge that the developed methods are not only “for the cupboard” but also used in industrial practice, spurred me on especially. Furthermore, within my teaching activity, I had twice the possibility to lead the project seminar myself. Thus, I had the chance to pass my enthusiasm for the methods of strategic product planning on to the attending students.

In April 2014, I took a timeout: My daughter was born. After one year of parental leave, I started again in the workgroup to finish my dissertation. The topic of my dissertation is the development of products and business models for emerging markets, the so-called frugal innovations.

What will happen after my dissertation, I do not know yet. However, one thing I am certain of: The future will bring new challenges. Due to the experience I have gained in recent years I am pretty sure that I will be able to manage them successfully.

» Unternehmen auf ihrem Weg von der ersten Geschäftsidee bis zum erfolgreichen Markteintritt zu begleiten ist für mich ein spannendes und zugleich verantwortungsvolles Handlungsfeld. «

» Accompanying companies on their way from their first business idea to market success is an exciting and responsible task for me. «

## Systematisch und effizient Geschäftschancen der Zukunft erschließen

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

Mit systematischer Strategieentwicklung und Zielentfaltung richten wir die Forschung und Entwicklung produzierender Unternehmen konsequent auf die Geschäftschancen der Zukunft aus. Im Mittelpunkt stehen komplexe technische Gesamtsysteme, bestehend aus adaptiven konfigurierbaren mechatronischen Systemen. Die vielfältigen Fachdisziplinen vernetzen wir mit geeigneten entwicklungsmethodischen Ansätzen wie Systems Engineering und dem V-Modell für mechatronische Systeme. Dabei liegt unser Hauptaugenmerk auf der Effektivität und Effizienz der Entwicklungs- und Produktionsprozesse.

E-Mail: [Iris.Graessler@hni.upb.de](mailto:Iris.Graessler@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 75

 [www.hni.upb.de/pe](http://www.hni.upb.de/pe)

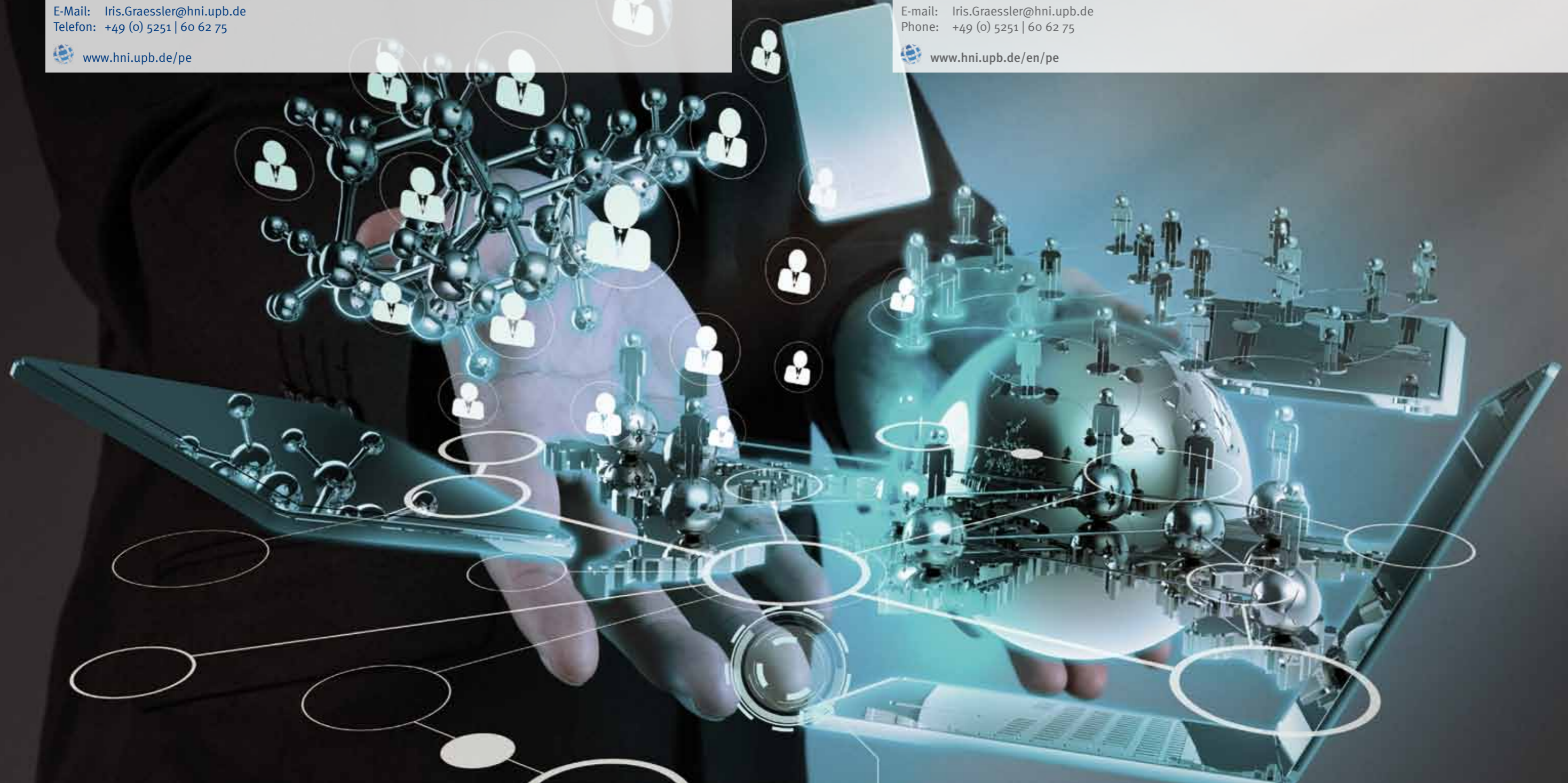
## Systematic and Efficient Approaches to Unlock Future Opportunities

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

We are orienting research and development of manufacturing companies consistently towards future business opportunities based on systematic strategy development and goal alignment methods. The core of our activities is focused on complex technical systems which are made up of adaptive and configurable mechatronic systems. To manage inter- and transdisciplinary challenges, we adopt and apply suitable engineering methodologies like Systems Engineering and the V-model for mechatronic systems. Our primary objective for these activities is to analyse and enhance the effectiveness and efficiency of engineering and production processes.

E-mail: [Iris.Graessler@hni.upb.de](mailto:Iris.Graessler@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 75

 [www.hni.upb.de/en/pe](http://www.hni.upb.de/en/pe)



## Fachgruppe Produktentstehung

Die wachsende Dynamik von Wirtschaftsprozessen durch globalisierten Wettbewerb führt zu einem verschärften Wettbewerb und steigendem Innovationsdruck. Im Kern geht es darum, wer die Problemstellung des Kunden als Erster erkennt und mit einer maßgeschneiderten innovativen Problemlösung den Kunden begeistert.

### Strategische Planung und Innovationsmanagement

Synergien in den unternehmerischen Kompetenzen, dem Produktprogramm und den Kundenstrukturen werden dann bestmöglich erschlossen, wenn die geschäftspolitische Ausrichtung auf eine ganzheitliche unternehmerische Vision ausgerichtet ist. Aus der Vision leiten wir Mission und Strategie ab. Um mögliche Entwicklungsrichtungen von geschäftspolitischem und gesellschaftlichem Umfeld, der Branche, der relevanten Schlüsseltechnologien und der Wettbewerbssituation zu antizipieren, setzen wir Methoden wie die Szenariotechnik ein und entwickeln diese weiter. Unter Berücksichtigung von Zukunftsszenarien definieren wir Suchfelder für Produktinnovationen. Erfolg versprechende Produktideen treffen zum Zeitpunkt des Markteintritts auf einen hinreichenden Kundenbedarf. Neben den aktuell artikulierten Kundenbedürfnissen müssen daher auch zukünftige implizite Wünsche noch nicht erschlossener Kundengruppen antizipiert werden. Unser Produktverständnis umfasst dabei das materielle Kernprodukt einschließlich zugehöriger Dienstleistungen.

### Systems Engineering und Entwicklungsmanagement

Will man den Endkunden mit einer Produktinnovation begeistern, so müssen anhand von Anwendungsszenarien Art und Weise der Produktnutzung, herrschende Randbedingungen sowie das Profil der anvisierten Käufergruppe in Erfahrung gebracht werden. Diese Anwendungsszenarien werden als Input der Produktentwicklung bereitgestellt. Einmal angenehme Randbedingungen, Zielkosten und Markteintrittszeitpunkt werden regelmäßig einem Prämissen-Controlling unterworfen, damit erforderliche Änderungen frühzeitig erkannt und berücksichtigt werden.

Mit Entwicklungsmethodik Mechatronik und Entwicklungsmanagement stellen wir Werkzeuge zur funktionalen und herstellungsbezogenen Realisierung komplexer technischer Gesamtsysteme bereit. Die vielfältigen Fachdisziplinen vernetzen wir mit entwicklungsmethodischen Ansätzen wie V-Modell für mechatronische Systeme und Systems Engineering. Unser Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Effektivität und Effizienz der Entwicklungs- und Produktionsprozesse.

### Integriertes Produktionsmanagement

Gleichzeitig achten wir auf die frühzeitige Berücksichtigung herstellungsbezogener Restriktionen, z. B. Fertigungsstandort und angestrebter Automatisierungsgrad. Über die Konkretisierung und Ausgestaltung von Kommunikationsnetzen, Adaptivität und Konfigurierbarkeit sowie Aufgabenprofilen zukünftiger direkter Mitarbeiter unterstützen wir die Umsetzung von Industrie 4.0.

### Virtual Engineering

Der Bereich Virtual Engineering nimmt im Handlungsfeld Produktentstehung die Rolle des Enablers ein. Die modernen Technologien der Virtual und Augmented Reality dienen dabei als wichtiges Werkzeug zur Darstellung und Konzipierung moderner, komplexer Produkte von morgen.

## Workgroup Product Creation

The increasing economic dynamics driven by globalised competition has resulted in a more competitive environment and the growing need for innovation. In essence, today the challenge for businesses is to be the first player in a market recognising the needs of customers and inspiring them with tailor-made, innovative products and services.

### Strategic Planning and Innovation Management

Synergies in entrepreneurial skills, the production programme, and customer structures will only be exploited to the greatest possible extent if the business strategy is oriented towards an integrated corporate vision. This vision is the basis for deriving a mission and strategy. To anticipate as many development trends as possible from the social and business policy environment, industry, relevant key technologies and competitive situation, we make use of and further develop methodologies such as scenario techniques. We take future scenarios into account in defining search fields for product innovations. Promising product ideas have sufficient customer demand upon entry into the market, meaning that in addition to the customer needs which are already evident, it is also important to anticipate the future implicit desires of as yet unexploited customer groups. Our understanding of products in this context includes the tangible core product as well as the associated services.

### Systems Engineering and Engineering Management

Anyone wishing to elicit enthusiasm from an end customer with a product innovation must use application scenarios to establish methods of product usage, prevailing framework conditions and the profile of the target group of purchasers. These application scenarios provide input for product development activities. Once established, the framework conditions, target costs, and market entry point are regularly subjected to assumption checks to ensure that any necessary changes are identified and taken into account at an early stage.

By using mechatronics development methodology and development management, we provide the tools for the functional and production-related implementation of complex overall technical systems. We link a wide variety of specialist discipli-

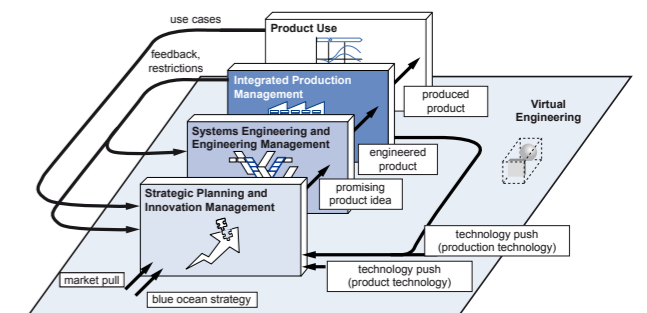
nes with approaches to development methodology, such as systems engineering and the V-model for mechatronic systems. The primary focus of this work is the effectiveness and efficiency of development and production processes.

### Integrated Production Management

We also ensure that production-related restrictions, such as the production site and the desired degree of automation, are taken into account at an early stage. We support the implementation of industry 4.0 by firmly establishing and developing communication networks, adaptivity, configurability and the task profiles of future in-house staff.

### Virtual Engineering

The field Virtual Engineering has the role of the enabler in the action field product creation. The modern technologies of Virtual and Augmented Reality act as an important tool for the illustration and conception of modern, complex products of tomorrow.



Handlungsfeld Produktentstehung  
Action field Product Creation

## Entscheidungsunterstützung zur Nutzung additiver Fertigung

### DynAMiCS

Der Diffusionsprozess von Innovationen ist entscheidend für die breite Anwendung im Markt. Heute sind additive Fertigungsverfahren (AM) an der Schwelle zu einer breiten Diffusion in verschiedene Industriezweige. Um diese zu beschleunigen, müssen Fragen wie „Für welche Anwendungsfelder eignet sich AM?“, „Welche Teile unseres Produktportfolios profitieren am meisten von AM?“, „Welche neuen Geschäftsmodelle ermöglicht AM?“ beantwortet werden.

In Zusammenarbeit mit dem Direct Manufacturing Research Center (DMRC) der Universität Paderborn entwickeln Wissenschaftler des Heinz Nixdorf Instituts einen Werkzeugkasten für potenzielle Industrieanwender additiver Fertigungsverfahren. Dieser beinhaltet Werkzeuge zur Identifikation der Potenziale, Auswahl geeigneter Bauteile und zur Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle auf Basis von AM.

Ausgehend von der Erfahrung eines Unternehmens mit AM werden die drei Fragen konsekutiv beantwortet. Für Unternehmen mit geringer Erfahrung im Bereich der additiven Fertigungsverfahren wird eine Methodik entwickelt, um die Potenziale von AM aufzuzeigen. Diese ermöglicht die Entdeckung und Bewertung möglicher Anwendungsfelder. Dabei werden sowohl Marktsegmente als auch Produktkategorien betrachtet. Die Bewertungskriterien werden in Kooperation mit den Industriepartnern des DMRC hergeleitet.

Sobald ein Unternehmen die Potenziale von AM aufgedeckt und sich für die Nutzung der Technologie entschieden hat, muss eine Entscheidung für die Produkte oder Dienstleistungen getroffen werden, bei denen AM Anwendung finden wird.

**M.Sc. Martin Kage**  
E-Mail: [Martin.Kage@hni.upb.de](mailto:Martin.Kage@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 37

**M.Sc. Patrick Taplick**  
E-Mail: [Patrick.Taplick@hni.upb.de](mailto:Patrick.Taplick@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 65

**M.Sc. Xiaojun Yang**  
E-Mail: [Xiaojun.Yang@hni.upb.de](mailto:Xiaojun.Yang@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 57

Gefördert durch: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen  
Projektpartner: DMRC-Partnerunternehmen

[www.hni.uni-paderborn.de/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/pe)



Entwicklung der Geschäftsmodelle auf Basis des Business Model Canvas  
Development of business models based on the Business Model Canvas

Neben der Generierung möglicher Produktideen wird hierbei die Auswahl der Erfolg versprechendsten Ideen unterstützt. Zur Entwicklung einer systematischen Entscheidungsmethode werden zunächst die wichtigsten Einflussfaktoren identifiziert. Neben der technologischen Umsetzbarkeit sind Erfolg versprechende Geschäftsmodelle ein Kernaspekt für den Erfolg der additiven Fertigungsverfahren. In einem dritten Schritt wird es Unternehmen ermöglicht, ihr Geschäftsmodell für AM anzupassen. Die Auswirkung von AM kann hierbei umfassend und disruptiv sein. Additive Fertigungsverfahren beeinflussen unter anderem die Organisation der Supply Chain oder – auf fundamentaler Ebene – das Wertversprechen des Unternehmens. Mithilfe des zu entwickelnden Werkzeugs werden Unternehmen befähigt, die möglichen Auswirkungen von AM auf ihr existierendes Geschäftsmodell zu antizipieren und tragfähige, AM-spezifische Geschäftsmodelle zu entwickeln. Mit allen drei Themenfeldern – Potenzialidentifikation, Produktauswahl und Geschäftsmodellgestaltung – wird es dem DMRC ermöglicht, die Entscheidung zugunsten der Nutzung von AM fundiert zu unterstützen und dabei einen weitreichenden Diffusionsprozess zu fördern.

## Development of an Additive Manufacturing Potential Check System

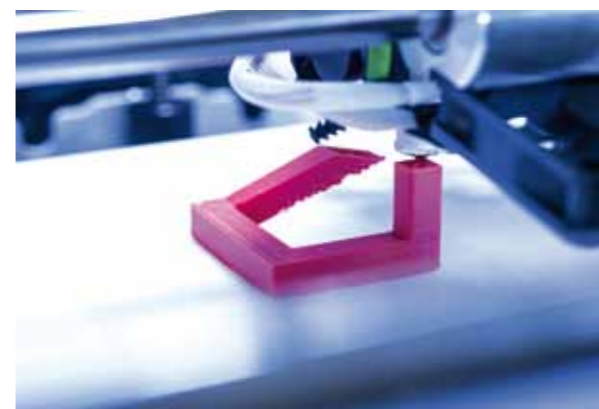
### DynAMiCS

The process of diffusion of an innovation is crucial for the broad application within a market. Nowadays, additive manufacturing technologies (AM) are on the threshold of a wide diffusion in various industries. To facilitate broad-based diffusion of AM questions such as “Which fields of application are suitable for the technology?”, “Which products will profit most from AM?”, “Does AM facilitate new business models?” have to be answered.

In cooperation with the Direct Manufacturing Research Centre (DMRC) of the Paderborn University scientists from the Heinz Nixdorf Institute are developing a toolbox for potential industrial applicants of additive manufacturing technologies to identify the potential, select possible products and develop sustainable business models for AM.

Based on the expertise of an enterprise with AM technologies the three questions will be answered consecutively. For enterprises with no experience in the field of AM, a methodological framework to identify the potential of AM is being developed. This includes the market segments as well as the product categories suitable for AM. The framework facilitates the determination and assessment of potential application fields. The criteria for the assessment are developed in cooperation with the industrial partners of the DMRC.

Once an enterprise has identified the potentials of AM and has decided on the application of the technology, the decision for the products of services for which AM is used has to be made. Despite the creation of potential product ideas, the identification and selection of the most promising ones is supported. To develop a systematic decision support method, the most important key influence factors are being identified.



Additive Fertigung mittels des Fused-Deposition-Modeling-Verfahrens  
Additive Manufacturing using Fused Deposition Modelling

**M.Sc. Martin Kage**  
E-mail: [Martin.Kage@hni.upb.de](mailto:Martin.Kage@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 37

**M.Sc. Patrick Taplick**  
E-mail: [Patrick.Taplick@hni.upb.de](mailto:Patrick.Taplick@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 65

**M.Sc. Xiaojun Yang**  
E-mail: [Xiaojun.Yang@hni.upb.de](mailto:Xiaojun.Yang@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 57

Supported by: Ministry for Innovation, Science and Research of the State of North Rhine-Westphalia  
Project partners: partners of the DMRC

[www.hni.uni-paderborn.de/en/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/pe)

Despite the technological feasibility, promising business models are a key aspect for the success of AM technologies. In a third step, enterprises will be enabled to adapt their business model for the usage of AM. The impact of AM on business models may be comprehensive and disruptive. AM may affect the enterprise concerning the organisation of the supply chain or – on a more fundamental level – the value proposition of the enterprise. With the help of the framework developed, enterprises are enabled to anticipate the potential impact on their existing business model and develop capable AM-specific business models.

All three topics – potential identification, identification of potential products as well as business planning – will enable the DMRC to support enterprises in the decision towards AM and thereby promote a broad-based diffusion of AM technologies.

## Beratung Systems Engineering

### Rolle des System Engineers im Unternehmen und Trainingskonzept für eine Expertenausbildung

Die zunehmende Komplexität in der Entwicklung multidisziplinärer technischer Systeme stellt die Industrie vor große Herausforderungen, welche mit klassischen Entwicklungsmethoden nur unzureichend gehandhabt werden können. Systems Engineering hilft den Unternehmen, eine Balance zwischen Organisation und Technik zu finden und die hierfür notwendige Kommunikation zu etablieren.

#### Herausforderung


Diversifizierte und multinationale Unternehmen verfügen über eine Vielfalt an Vorgehens- und Unterstützungsmethoden zur Entwicklung ihrer Produkte. Aufgrund der Größe des Unternehmens und seiner Aufteilung in Unternehmens- und Geschäftsbereiche entsprechend der adressierten Absatzmärkte besteht die besondere Schwierigkeit in der Erfüllung möglichst aller Anforderungen aller Geschäftsbereiche an ein übergeordnetes entwicklungsmethodisches Vorgehen.


#### Zielsetzung

Im Rahmen der Initiative zur Verankerung von Systems Engineering in der Entwicklung technischer Gesamtsysteme setzt das beauftragende Unternehmen auf individuell auf ihre Bedürfnisse angepasste Trainingskonzepte. Auf Basis einer präzisen Abgrenzung und Definition der Rolle des Systems Engineers im Unternehmen ist es das Ziel, Ausbildungskonzepte für Systems-Engineering-Experten zu erarbeiten und zu erproben.

#### Vorgehen

Basierend auf repräsentativen Interviews leitender Entwicklungsingenieure werden die derzeitigen Vorstellungen und Erwartungen an die Rolle des Systems Engineers in den unterschiedlichen Geschäftsbereichen eruiert und ausgewertet. Die derzeit angewendeten methodischen Vorgehensweisen, wie beispielsweise Design for Six Sigma (DFSS) werden hinsichtlich Unterschieden und Gemeinsamkeiten mit Systems Engineering analysiert. Aus diesen Ergebnissen sowie einem Abgleich mit Konzepten aus Literatur und Praxis werden ein

 **M.Sc. Julian Hentze**  
E-Mail: Julian.Hentze@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 64

 Projektpartner: 3DSE Management Consultants GmbH, München

 [www.hni.uni-paderborn.de/en/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/pe)

individueller Ansatz für das Gesamtunternehmen verfasst und die Notwendigkeiten für die Ausbildung zum Experten bestimmt. Dies wird unternehmensintern diskutiert und verabschiedet, um auf dieser Basis geeignete Schulungsmaßnahmen ableiten zu können.

#### Projektorganisation

Das Projektteam setzt sich aus der Münchner Managementberatung 3DSE Management Consultants GmbH und der Fachgruppe „Produktentstehung“ des Heinz Nixdorf Instituts zusammen. Auftraggeber des Projekts ist die zentrale Entwicklungsabteilung eines international agierenden und in diversifizierten Geschäftsbereichen aktiven Großunternehmens.

#### Projektergebnisse

In enger Abstimmung der Projektpartner wurde ein individuelles Referenzmodell aus für das Unternehmen notwendigen Prozessen erarbeitet. Dieses beinhaltet Prozesse zur technischen Entwicklung, organisatorische Inhalte sowie Prozesse auf Managementebene. Dies bildet die Basis für das zu entwickelnde Trainingskonzept für Systems-Engineering-Experten.



Das erarbeitete individuelle Referenzmodell wird in gemeinsamen Workshops abgestimmt.  
The developed reference model is discussed in conjointly workshops

## Systems Engineering Consulting

### Role of the Systems Engineer in the company and concept for expert training

The increasing complexity in the development of multidisciplinary technical systems provides the industry with major challenges, which cannot be handled adequately with traditional development methods. Systems Engineering helps companies to find a balance between organisation and technology and to establish the necessary communication for this.

#### Challenge

Diversified and multinational companies have a variety of procedural and support methods for their product development. Due to the size of the company and its separation into divisions and business units in accordance with the addressed markets, there is a particular difficulty in fulfilling all the possible needs of all divisions for an overall development methodology.

#### Objective

As part of the initiative for anchoring Systems Engineering in the development of entire technical systems, the commissioning company relies on customised training solutions to their needs. Based on a precise delineation and definition of the role of the Systems Engineer in the company, the goal is to develop and to test the training concepts for Systems Engineering experts.

#### Procedure

Based on representative interviews of executive development engineers from different divisions, the current beliefs and expectations about the role of Systems Engineers are elicited and evaluated. The currently used methodologies such as Design for Six Sigma (DFSS) are analysed for differences and similarities with Systems Engineering. From these results and a comparison with concepts from the literature and practice, an individual approach for the entire company is written and determines the needs for an expert training. This is discussed and approved within the company to derive an appropriate expert training concept on this basis.

#### Project organisation

The project team is made up of the Munich Management Consulting 3DSE Management Consultants GmbH and the “Product Creation” workgroup of the Heinz Nixdorf Institute. The client of the project is the central development department of an international, and in diversified business areas active, large company.



Systems-Engineering-Prozesse werden zu einem individuellen Referenzmodell miteinander verzahnt.  
Systems Engineering processes are interlinked to an individual reference model.

#### Results of the project

In close coordination between the project partners, an individual reference model of necessary processes for the company has been developed. This includes processes for technical development, organisational contents and management level processes. This forms the basis for the training concept to be developed for Systems Engineering experts.

 **M.Sc. Julian Hentze**  
E-mail: Julian.Hentze@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 64

 Project partner: 3DSE Management Consultants GmbH, München

 [www.hni.uni-paderborn.de/en/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/pe)

## Virtual Engineering

### Verkürzung des Produktentstehungsprozesses durch die Unterstützung mit virtuellen Prototypen

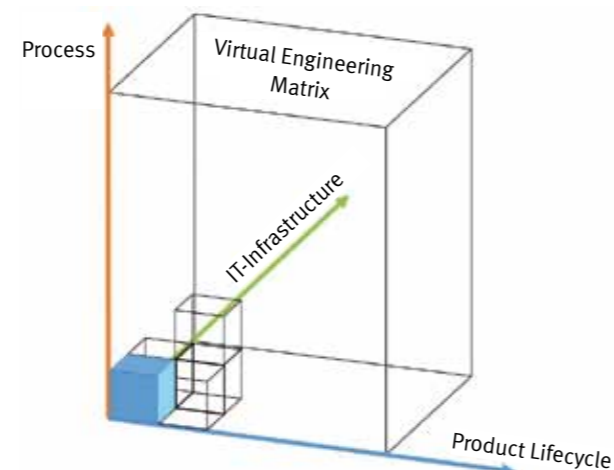
Virtual Engineering (VE) stellt einen zentralen „Enabler“ des Produktentstehungsprozesses dar und findet Anwendung zur Substitution physischer durch virtuelle Prototypen. Diese Verlagerung führt zu Kosteneinsparungen und einer Verkürzung des Markteintritts. Dabei umfasst VE die IT-Infrastruktur und zugehörigen Prozesse, die für die virtuelle Entwicklung innovativer Produkte notwendig sind.

Die Fachgruppe „Produktentstehung“ des Heinz Nixdorf Instituts beschäftigt sich im Forschungsfeld „Virtual Engineering“ mit der Erschließung innovativer Verwendungspotenziale im industriellen Umfeld. Beispielsweise können durch eine Analyse der Unternehmensprozesse Einsatzmöglichkeiten digitaler Tools und virtueller Prototypen aufgedeckt werden, die zu einer Verkürzung von Durchlauf- und Bearbeitungszeiten führen. Bei den Tools kann es sich um innovative Benutzer-Interfaces handeln, die bereits vorhandene Entwicklungsmethoden unterstützen. Mit Virtual (VR) und Augmented Reality (AR) gibt es weitere Tools zur Visualisierung, die unterschiedliche Anwendungsszenarien im Produktentstehungsprozess besitzen. Des Weiteren ist Entwicklungssoftware ein notwendiges Tool zur Konzipierung und Validierung der Produkte. Die Analyse der IT-Infrastruktur eines Unternehmens spielt eine wichtige Rolle, um den Informationsfluss im Produktentstehungsprozess durch die Auswahl geeigneter, kompatibler Software zu optimieren. In diesem Zusammenhang werden die Schnittstellen zwischen Datenmanagement und Computer-Aided-Engineering-(CAE)-Systemen analysiert und optimiert.

Die Anwendung von VE ist hierbei nicht nur auf den Maschinenbau beschränkt, sondern stellt domänenübergreifende Werkzeuge zur Verfügung, die unterstützend in die Prozesse anderer technischer Fachdomänen eingreifen können, wie z. B. durch Virtual und Augmented Reality. Dabei ist es das Ziel, das volle Potenzial der VR- und AR-Technologien für unterschiedliche Anwendungen auszuschöpfen. Mithilfe von erstellten AR-basierten Demonstratoren können der Einsatz und Nutzen im Bereich der Produktion veranschaulicht werden. In Zusammenarbeit mit Unternehmen können so unter-

schiedliche AR-Anwendungen ermittelt und als Applikation umgesetzt werden. Des Weiteren ist es möglich, AR-Applikationen in verschiedenen Phasen des Produktentstehungsprozesses einzusetzen. Ein Beispiel kann dabei eine Applikation im Bereich Marketing sein zur immersiven Visualisierung und Interaktion mit dem Produkt.

Ein weiteres Anwendungsfeld von VE ist der vollständige, durchgängige Informationsfluss in Bezug auf „Additive Fertigung“. Dabei handelt es sich um die Untersuchung neuer Datenformate und Datenmanagement-Konzepte, die den Einsatz und die Prozesssicherheit des generativen Fertigungsverfahrens erhöht. Bisher werden im Bereich der Additiven Fertigung unterschiedliche Datenformate im Bereich der Geometriemodellierung und Schichtung des Produktes eingesetzt. In Zusammenarbeit mit Unternehmen kann die Fachgruppe „Produktentstehung“ den Verlauf der Daten in allen Phasen des Produktlebenszyklus untersuchen und somit eine standardisierte Prozesskette für die Additiven Fertigungsverfahren schaffen.



Virtual Engineering Matrix zur Untersuchung unterschiedlicher Perspektiven  
Virtual Engineering Matrix for the investigation of different perspectives

M.Sc. Patrick Taplick  
E-Mail: Patrick.Taplick@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 65



[www.hni.uni-paderborn.de/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/pe)

## Virtual Engineering

### Significant reduction of product creation time by supporting with virtual prototypes

Virtual Engineering (VE) is a “key enabler” of the product creation process and is applied for the substitution of physical by virtual prototypes. This shift leads to cost savings and a reduction of time-to-market. Here, VE includes the IT infrastructure and related processes which are necessary for the virtual development of innovative products.

The “Product Creation” workgroup of the Heinz Nixdorf Institute deals in the research field “Virtual Engineering” with the development of innovative potential use in industrial environments. For example, by analysis of business processes, use cases for digital tools and virtual prototypes can be revealed that lead to a reduction of throughput and processing time. The tools can be innovative user interfaces supporting already existing development methods. Virtual (VR) and Augmented Reality (AR) deliver additional tools for visualising different application scenarios in the product creation process. Furthermore, development software is a necessary tool for the design and validation of products. The analysis of the IT infrastructure of a company plays an important role in order to optimise the information flow in the product creation process by selecting suitable, compatible software. In this context, the interfaces between data management and computer-aided engineering (CAE) systems are analysed and optimised.

The use of VE is not limited to engineering, but also provides cross-domain tools which can support processes of other domains for example through Virtual and Augmented Reality. It is the aim to realize the full potential of VR and AR technologies for different applications. With the help of AR-based demonstrators the use and benefits in the area of production can be illustrated. In cooperation with companies, diverse AR applications can be identified and implemented as an app. Furthermore, it is possible to use AR applications at various stages of the product creation process. An example may be an application in marketing for immersive visualisation and interaction with the product.

Another application field of VE is the complete, integrated information flow in “Additive Manufacturing”. The investigation of new data formats and data management concepts raises the stakes and the process reliability of the generative



Innovative User Interfaces in der Produktion  
Innovative user interfaces in production

manufacturing method. So far, different data formats in the field of geometry modelling and stratification of the product are used in the field of Additive Manufacturing. In cooperation with companies, the “Product Creation” workgroup examines the history of the data at all stages of the product lifecycle, thus creating a standardised process chain for the additive manufacturing process.



M.Sc. Patrick Taplick  
E-mail: Patrick.Taplick@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 65



[www.hni.uni-paderborn.de/en/pe](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/pe)





»» Wer ständig glücklich sein möchte,  
muss sich oft verändern. ««

»» Whoever wants to be happy constantly,  
has to change often. ««

---

## Xiaojun Yang

M.Sc.  
Produktentstehung

---

Mein Name ist Xiaojun Yang. Ich komme aus Yantai, einer schönen Stadt an der Ostküste Chinas. Yantai war früher der Sitz des deutschen Konsulats, sodass auch heute noch einzelne Gebäude an die deutsche Geschichte der Stadt erinnern. Somit hatte ich bereits in meiner Kindheit erste Berührungspunkte mit Deutschland. Daneben hat mein Vater, selber Maschinenbauingenieur, bereits lange von der deutschen Ingenieurskunst geschwärmt. Deswegen habe ich mich direkt nach meinem chinesischen Abitur „Gaokao“ für ein Studium an der Chinesisch-Deutschen Fakultät der Qingdao University of Science and Technology entschieden, bei der man die Chance hat, Deutsch zu lernen und nach dem Grundstudium sein Studium in Deutschland fortzusetzen. Nach drei Jahren Studium in China habe ich die Möglichkeit bekommen, weiter an der Universität Paderborn zu studieren.

Sowohl das Studium der Ingenieurwissenschaften als auch Paderborn haben mich während dieser Zeit sehr begeistert und tun es auch heute noch. Deswegen freue ich mich sehr, dass ich mich nun als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Heinz Nixdorf Institut vertiefend mit Herausforderungen der Produktentstehung beschäftigen darf. Dabei interessiere ich mich insbesondere für die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei komplexen Entwicklungsaufgaben, also wie Entwickler aus unterschiedlichen Fachbereichen synergetisch an gemeinsamen Modellen arbeiten können.

Das Leben und Studieren in Deutschland und China ist sehr unterschiedlich. Während man in China festgelegte Curricula und Aufgaben hat, muss man sich in Deutschland selbst organisieren und hat größere Freiheiten. Das hat mir die Möglichkeit gegeben, z. B. fachfremde Vorlesungen zu besuchen und an Uni-Sportkursen teilzunehmen. Die dabei gesammelten Erfahrungen und gewonnenen Freundschaften haben meine Sichtweisen verändert und sind eines der besonderen Geschenke, die ich Deutschland zu verdanken habe.

---

## Xiaojun Yang

M.Sc.  
Product Creation

---

My name is Yang Xiaojun. I am from Yantai, a beautiful town on the east coast of China. Yantai was the seat of the German Consulate, so even today some buildings in the historic centre of Yantai show the German history of the city. Thus, I had first points of contact with Germany in my childhood. Besides this, my father, a mechanical engineer, has always appreciated the great German engineering skills. After my graduation, I decided to study at the Chinese-German Institute of the Qingdao University of Science and Technology. At the Chinese-German Institute students get the chance to learn German and to continue their studies in Germany after taking basic engineering courses. After three years of studying in China, I continued studying at the Paderborn University.

Both the study of engineering and Paderborn have really excited me during this time and still do so today. Therefore, I am very glad that I can conduct research on the upcoming challenges of product creation at the Heinz Nixdorf Institute. As a research assistant I am particularly interested in interdisciplinary cooperation in complex development tasks.

Living and studying in Germany and China are very different. In China, curricula and daily routines are quite determined. In contrast, living in Germany is rather self-determined. That gave me the opportunity to expand my horizon, for example through visiting lectures of different faculties and participating in university sport courses. I am really grateful for the experiences I have had gained during this time.

## Technik für Menschen gestalten

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

Wir untersuchen die Wechselwirkungen zwischen Informatiksystemen und ihrem Einsatzumfeld. Unser Ziel ist es, einen theoretischen Rahmen für die Erfassung von Gestaltungswissen zu entwickeln und dieses mit rechtlichen und gesellschaftlichen Anforderungen an die Systemgestaltung zu verknüpfen. Dazu entwickeln wir innovative Systemkonzepte, um Gestaltungshypothesen zu überprüfen.

E-Mail: [Reinhard.Keil@hni.upb.de](mailto:Reinhard.Keil@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 11


 [www.hni.upb.de/koi](http://www.hni.upb.de/koi)

## Designing Technology for People

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

We study mutual relationships between computer systems and their context of development and use. The goal is to develop a theoretical framework for capturing design knowledge and integrating this knowledge with legal and societal demands for systems design. To accomplish this, we develop innovative system concepts that allow us to validate design hypotheses.

E-mail: [Reinhard.Keil@hni.upb.de](mailto:Reinhard.Keil@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 11

 [www.hni.upb.de/en/koi](http://www.hni.upb.de/en/koi)



## Fachgruppe Kontextuelle Informatik

Die Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ untersucht die Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und ihrem Einsatzumfeld mit dem Ziel, die informatikrelevanten Konsequenzen sichtbar zu machen. Das betrifft sowohl die mit verschiedenen Gestaltungsalternativen verbundenen Folgen und Wirkungen als auch die Anforderungen, die an die Informatik im Allgemeinen und die Systemgestaltung im Besonderen gestellt werden.

Nahezu jedes Informatiksystem beinhaltet vielfältige Annahmen über menschliches Verhalten, die im Rahmen der Modellierung getroffen werden. Das fängt bei der Protokollierung von Nutzungsdaten an und reicht über Fragen der Gebrauchstauglichkeit und der barrierefreien Nutzung bis hin zu anwendungsspezifischen Steuerungs- und Verwaltungsabläufen, die in das Handeln von Menschen eingreifen. Mit dem Einsatz dieser Systeme ändert sich das Verhalten, das die Grundlage für die Modellierung war – es kommt zu Wechselwirkungen, neue Anforderungen kommen auf und führen zu Revisionen der Software.

Unser Ziel ist es, theoretische Grundlagen für eine hypothesen-geleitete Technikgestaltung zu entwickeln, die es uns gestatten, Gestaltungswissen aufzubauen, das zwar anwendungsbezogen, aber nicht anwendungsspezifisch ist. Neben der Analyse gesellschaftlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen entwickeln wir dazu innovative Konzepte und Systeme, um im Rahmen ihres Einsatzes Gestaltungshypothesen zu validieren. Hauptanwendungsgebiete sind dabei verschiedene Formen der Wissensarbeit, die von Lehr- und Lernprozessen (E-Learning) über kooperative Produktentwicklungsprozesse und Forschungsumgebungen bis hin zu neuen Formen der Diskursunterstützung reichen. Je nach Anwendungsbereich gehen wir dabei unterschiedlich vor. Entscheidend ist jedoch immer, dass konstruktive, empirische und prospektive Ansätze über theoretische Konzepte miteinander verknüpft werden.

Im Vordergrund der Systemgestaltung steht die Frage, wie technische Funktionen zur angemessenen Unterstützung menschlichen Handelns beschaffen sein sollten. Dabei geht es sowohl um neue Techniken der individuellen Nutzung (inter-aktiv) als auch der verteilten kooperativen Nutzung (ko-aktiv). Auf der Basis grundlegender Erkenntnisse aus den Bereichen Software-Ergonomie und computergestützte kooperative Arbeit (CSCW) bzw. computergestütztes kooperatives Lernen (CSCL) entwickeln wir neue technische Lösungen und erproben sie unter Alltagsbedingungen.

Mit dem Konzept der virtuellen Wissensräume haben wir bereits Mitte der 90er-Jahre das grundlegende Paradigma antizipiert, das später unter dem Namen „Nutzergenerierte Inhalte“ (Web 2.0 (2003) oder Social Software (2002)) bekannt geworden ist. Die dazu von uns entwickelten Systeme sind in vielen Bereichen seit Jahren erfolgreich im Einsatz, u. a. als regionales Bildungsnetz (bid-owl) oder als E-Learning-Plattform der Universität Paderborn (koaLA).

Der virtuelle Wissensraum stellt ein Kernkonzept dar, das im Laufe der Jahre um Mechanismen zur visuellen Wissensstrukturierung, zum responsiven Positionieren und zur Diskursstrukturierung erweitert worden ist. Sie eröffneten uns neue Möglichkeiten für die Entwicklung integrierter Forschungsumgebungen, z. B. im Maschinenbau (LTM-SOLA: virtuelles Labor im Bereich der Werkstoffmechanik), im industriellen Umfeld (koPEP: kooperative Produkt-Entwicklungs-Planung), in der Kulturgeschichte (Studiolo: ko-aktive Arbeitsumgebung für einen erweiterten Forschungsdiskurs in der Kunst- und Architekturgeschichte) sowie im letzten Jahr verstärkt im Bereich der Digital Humanities mit dem Projekt WeSa (Wesersandstein als globales Kulturgut) sowie der Beteiligung am Aufbau des Zentrum für Musik Edition Medien (ZenMEM).

Sowohl die konstruktiven als auch die analytischen Arbeiten werden theoretisch über eine eigens entwickelte Mediensicht des Computers miteinander verbunden. Im Vordergrund stehen nicht die Erzeugung und Übertragung von Nachrichten, sondern der Rechner als vielfältiges mediales Ausdrucksmittel, das neue Einsichten (Differenzenerfahrung) und neue Formen der verteilten Kooperation (Ko-Aktivität) ermöglicht. Mit dieser Sicht erhalten wir eine theoretische Fundierung, die einerseits zu anderen Forschungsdiskursen anschlussfähig ist, andererseits aber auch die Einbeziehung grundlegender Anforderungen zum Daten-, Urheber- und Gesundheitsschutz ermöglicht.

## Workgroup Contextual Informatics

The “Contextual Informatics” workgroup studies the mutual relationships between IT systems and their usage contexts with the aim of identifying the consequences relevant for computer science. This comprises the analysis of the impact of different design alternatives as well as the collection of demands for computer science in general, and in particular the requirements for systems design.

Almost all computer systems embody a variety of assumptions about human behaviour which become manifest in the modelling process. This starts with recording access data, continues with usability and accessibility issues all the way up to application specific control and administration processes that interfere with human activities. With the deployment of those systems, users start changing their behaviour which formed the basis for the modelling process – mutual relationships occur, new requirements emerge and lead to the revision of the software.

Our goal is to develop theoretical foundations for the hypotheses-guided design of systems, to allow us to assemble design knowledge which is application-related but not application-specific. Besides analysing societal and legal frameworks relevant for systems design we also develop innovative concepts and tools to validate our design hypotheses in the application context. Main areas of research are different forms of knowledge work which range from teaching and learning processes (e-learning) to cooperative product development processes and collaborative research environments and finally new forms of supporting discourses. Depending on the application domain, we take a different approach. However, it is always crucial to combine constructive, empirical and prospective approaches by means of employing appropriate theoretical concepts.

Our main focus for systems development is to identify which functions of a system may provide appropriate support to the human activities in which particular way. Here, we consider new techniques for individual usage (inter-activity) as well as distributed collaborative settings (co-activity). We develop new technical solutions based on insights and theoretical foundations from software ergonomics and from computer-supported cooperative work (cscw) resp. computer-supported cooperative learning (cscl) and evaluate the viability of their day-to-day use.

Already in the mid-1990s we invented the concept of virtual knowledge spaces and anticipated the general paradigm that became later known as “User Generated Content” (Web 2.0 (2003) or Social Software (2002)). The systems we developed on this concept were successfully deployed in various application settings, such as the core of a regional educational network (bid-owl) or as e-learning platform of the Paderborn University (koaLA).

The concept of virtual knowledge spaces is a key concept in our work. Over the years, it was enriched and extended by mechanisms for visual knowledge structuring, responsive positioning and for discourse structuring. These extensions provided a good basis for the development of integrated research frameworks in various domains such as mechanical engineering (LTM-SOLA: thermal shock test laboratory), in an industrial setting (koPEP: co-operative product development planning), or in the context of digital humanities with projects in history (Studiolo: research environment for extended discourse, and WeSa: Weser Sandstone as a Global Cultural Artefact) and in musicology (ZenMEM: centre for music edition media).

Both types of our research work, the constructive as well as the analytical part, are linked together via a specific media perspective that we have developed. It emphasises the computer as an expressive means for the human mind to create new insights (difference experience) and new forms of media-based social interaction (co-activity) rather than viewing it as a machine for generating and transmitting messages. In doing so, we are developing a theoretical framework which allows us to refer to related frameworks of other disciplines and to embed societal and legal requirements such as privacy, copyright or health issues.

## Wesersandstein als globales Kulturgut (WeSa)

Innovation in der Bauwirtschaft und deren weltweite Verbreitung in vorindustrieller Zeit

Die Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ am Heinz Nixdorf Institut unterstützt im Projekt den Forschungsdiskurs von Kunst- und Wirtschaftshistorikern durch die Entwicklung einer webbasierten Arbeitsumgebung. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das interdisziplinäre WeSa-Projekt im Bereich Digital Humanities über drei Jahre mit rund 1,135 Millionen Euro.

Am Beispiel des Wesersandsteins wird untersucht, ob es bereits in der Frühen Neuzeit (Anfang des 16. Jahrhunderts) vorgefertigte Bausteine gab, die von den Bauherren von Sandsteinbauten als solche geordert werden konnten. Dazu müssen u. a. Bauten vermessen, Transportwege analysiert und Ladekapazitäten von Landfahrzeugen und Schiffen ermittelt werden. Das bedeutet: Im Projekt wird der Weg vom Steinbruch bis zu den fertigen Bauten nachvollzogen.

Die Herausforderung ist dabei, den Eingabeprozess in die zu entwickelnde historische Datenbank so früh wie möglich zu unterstützen und dabei semantische Zusammenhänge und darauf aufbauende Suchanfragen flexibel zu ermöglichen. An die Aufbereitung der unterschiedlichen Quellen mit ihren verschiedenen Ausgangsformaten und Repräsentationen schließen sich nach entsprechender Ablage in der Datenbank die weitergehende Analyse und ein entsprechender Forschungsdiskurs an. Das System ermöglicht dabei eine hermeneutische Feinarbeit im Sinne eines „Close Reading“, die nach Möglichkeit zu einem entsprechenden Erkenntnisgewinn führt, der sich allein durch strukturierte Dateneingabe und bloße Volltextsuche nicht realisieren ließe. Abschließend sollen die gewonnenen Forschungsergebnisse aufbereitet und visualisiert werden, um sie der interessierten Öffentlichkeit online präsentieren zu können.

Auf der Basis mitunter unscharfer oder sogar widersprüchlicher Quellen und gleichermaßen offener Bezüge wurde im interdisziplinären Dialog zwischen Kulturwissenschaft und Kontextueller Informatik ein Datenmodell entwickelt, in dem für den Forschungsprozess bedeutsame Objekte (wie etwa Gebäude, Personen, Transportmittel etc.) definiert sind, die mit digitalisierten Quellenfunden angereichert werden können. Dieser mehrstufige Prozess offenbarte ein grundlegendes Problem: Während die grundsätzliche Objekthierarchie gut überschaubar ist, entfaltete sich der Bedarf für eine feinere Objektgranularität mit vertiefender Semantik oft erst bei der Testeingabe von Beispieldaten. Häufig handelt es sich dabei um immanent



**Dipl.-Inform. Gero Zahn**  
E-Mail: Gero.Zahn@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 65 19



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektpartner: Universität Paderborn: Lehrstuhl für Materielles und Immaterielles Kulturerbe (Prof. Dr. Eva-Maria Seng), Lehrstuhl für Geschichte der Frühen Neuzeit (Prof. Dr. Frank Göttmann); Heinz Nixdorf Institut: Fachgruppe Kontextuelle Informatik (Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil); Technische Universität Darmstadt: Fachgruppe Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur (Prof. Dipl.-Ing. Johann Eisele)



[www.uni-paderborn.de/wesa](http://www.uni-paderborn.de/wesa)

unscharfe kulturwissenschaftlich-forschungstheoretische Aspekte, deren Bedeutsamkeit zwar implizit bekannt ist, die sich aber bei expliziter Betrachtung im üblicherweise exakt spezifizierten informatischen Kanon schwer modellieren lässt.

Der Projektbeitrag der Kontextuellen Informatik geht dabei deutlich über einen reinen „Software-Lieferanten“ hinaus: Im interdisziplinären Dialog entstand einerseits eine strukturiertere Sicht des Themenfeldes, als sie bislang offensichtlich war. Andererseits entstanden neuartige Eingabe- und Analysewerkzeuge, mit denen die Entwicklung und Überprüfung neuartiger Forschungshypothesen erst möglich wird.

## Weser Sandstone as a Global Cultural Artefact (WeSa)

Innovation in the Construction Industry and its Global Prevalence in Pre-Industrial Times

As part of the project, the “Contextual Informatics” workgroup of the Heinz Nixdorf Institute supports the research discourse of both art and economic historians by developing a web based working environment. The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) provides roughly 1.135 million euros in the field of Digital Humanities to the interdisciplinary WeSa project over a three year period.

Using Weser sandstone as an example, research is being conducted about whether or not there were pre-fabricated building blocks as early as in the Early Modern Age (i. e., in the beginning of the 16th century). For this purpose, among other things, buildings need to be measured, transport routes need to be analysed, and carrying capacities need to be determined. Which means: The project reconstructs the journey from the quarry all the way to the finished buildings.

The main challenge in this endeavour is to support the input process into the emerging historical database as early as possible, while at the same time providing means to establish semantic contexts. The preparation of above mentioned diverse sources with their various formats and representations is followed by the actual database entry and storage, and subsequently by an ongoing analysis together with a related research discourse. While supporting all that, the system enables hermeneutic precision work in the sense of a “Close Reading” process, which possibly leads to a corresponding increase of knowledge, which would not have been achievable by structured data entry and full-text search alone.

Rooting on the sometimes fuzzy or even contradictory sources and likewise open references, a data model was developed as the result of the interdisciplinary dialog between the Cultural Sciences and the “Contextual Informatics”. It defines the objects that are meaningful within the research process (e. g. buildings, persons, etc.), which can then be enriched with digitised sources. This multi-stage process revealed a fundamental problem: While the principal object hierarchy was easy enough to comprehend, the need for a finer object granularity with a deeper level of semantic context often arose only as late as during the test entry of sample data. More than once these cases derived from immanently indistinct cultural-scientific research-theoretical aspects. While their significance was indeed implicitly known, explicit observation unveiled that they were difficult to model inside a usually precisely specified information scientific canon.



Verladeplatz des Obernkirchener Sandsteins an der Weser in Rinteln Mitte des 19. Jahrhunderts  
Embarkation point of Obernkirchen sandstone at the Weser river in Rinteln, Germany, mid-19th century

So the project contribution of the “Contextual Informatics” goes significantly beyond being merely the “software supplier”: As part of the interdisciplinary dialogue, a refined structured view of the topic area arose that had not been obvious before. Apart from that, innovative input methods and analytical tools emerged, without which the conception and validation of novel research hypotheses would not have been feasible.



**Dipl.-Inform. Gero Zahn**  
E-mail: Gero.Zahn@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 65 19



Supported by: Federal Ministry of Education and Research (BMBF)

Project partners: Paderborn University: Chair for Material and Immaterial Cultural Inheritance (Prof. Dr. Eva-Maria Seng), Chair for History of the Early Modern Age (Prof. Dr. Frank Göttmann); Heinz Nixdorf Institute: Contextual Informatics (Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil); Darmstadt University of Technology: Workgroup of Information and Communication Technology in Architecture (Prof. Dipl.-Ing. Johann Eisele)



[www.uni-paderborn.de/wesa](http://www.uni-paderborn.de/wesa)

## Zentrum „Musik – Edition – Medien“ (ZenMEM)

Kompetenzzentrum im Bereich der Digital Humanities

Informatiker und Geisteswissenschaftler der Universität Paderborn, der Hochschule für Musik Detmold und der Hochschule Ostwestfalen-Lippe erarbeiten gemeinsam in einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung für drei Jahre geförderten Projekt neue Methoden und Werkzeuge im Bereich der Digital Humanities.

Aufbauend auf einer langjährigen Kooperation zwischen der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ des Heinz Nixdorf Instituts und dem Virtuellen Forschungsverbund Edirom des Musikwissenschaftlichen Seminars Detmold/Paderborn erforscht das Kompetenzzentrum neue Konzepte und Methoden zur multimedialen Behandlung musikalischer und weiterer, primär nicht-textueller Objekte im Kontext digitaler Editionen. So werden Erfahrungen aus der Informatik (neben der Kontextuellen Informatik aus den Bereichen Mensch-Computer-Interaktion, Musik- und Filminformatik und Softwaretechnik), den Medienwissenschaften (Medienpädagogik und Medienökonomie) und der Musikwissenschaft zusammengetragen, um zum Beispiel Fragen der Modellierung musikalischer Inhalte unter Berücksichtigung ihrer grafischen, logischen und performativen Ausprägungen, der Unterstützung einer verteilten Editionsarbeit mithilfe ko-aktiv nutzbarer virtueller Räume, der Nachhaltigkeit der Werkzeugentwicklung und -pflege oder neuartiger Interaktionsformen zu erörtern.

Im ersten Projektjahr lag der Fokus der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ in Kooperation mit der Musikwissenschaft in der Abstimmung von Annotationsmodellen, den Prozessen des Annotierens und der möglichen Einsatzszenarien von Annotationen im Prozess philologischer Detailarbeit am Gegenstand Musik. Dabei waren die Granularität der digitalen Objekte, die sich in den jeweiligen Betrachtungssituationen verändern können, die sich daraus ergebenden Herausforderungen an eine somit dynamische Modellierung und Fragen der Referenzierbarkeit der Objekte von besonderem Interesse. Auch im Bereich der Softwaretechnik sind durch die nicht vollständig im Vorfeld zu erfassenden und sich gegebenenfalls immer wieder verändernden Domänen-Modelle neue Ansätze iterativer, modellgetriebener Software- und Oberflächenentwicklung entstanden und werden im Projekt evaluiert. Im Bereich der Musik- und Filminformatik sind verschiedene Prototypen zur gestengesteuerten Interaktion mit klingender Musik entstanden, die bereits auf dem Tag der offenen Tür der Universität vorgeführt werden konnten.



**Dipl.-Inform. Andreas Oberhoff**  
E-Mail: [Oberhoff@upb.de](mailto:Oberhoff@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 65 14



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektpartner: Universität Paderborn: Musikwissenschaftliches Seminar Detmold/Paderborn, Mensch-Computer-Interaktion und Softwaretechnologie, Software Quality Lab, Medienpädagogik und empirische Medienforschung, Medienökonomie und Medienmanagement, Zentrum für Informations- und Medientechnologien; Hochschule für Musik Detmold: Zentrum für Musik- und Filminformatik; Hochschule Ostwestfalen-Lippe: Zentrum für Musik- und Filminformatik



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

Neben dem konzeptionellen Erfahrungsaustausch zur Anforderungserhebung und -analyse der Nutzer der im Projekt entwickelten Softwarewerkzeuge zwischen der Informatik und den Medienwissenschaften betreuten Letztere die jährlich im Heinz Nixdorf Institut stattfindende Edirom Summer School mit quantitativen Evaluationen zur Erhebung der Bedarfe der Weiterbildung im Bereich der Digital Humanities insgesamt und der Digitalen Musikedition im Besonderen. Zusammen mit der Musikwissenschaft und der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ wurden erste Seminare entwickelt, die Grundlage für weitere Planungen für einen Masterstudiengang in diesen Bereichen sein können. Die bisherigen Bemühungen des Zentrums, dauerhaft als Ansprechpartner für die Koordination und kooperative Unterstützung wissenschaftlicher Projekte in diesem Bereich zur Verfügung zu stehen, tragen bereits Früchte und es wurden erste Kooperationen mit externen Projekten geschlossen und weitere Projekte geplant und beantragt.

## Centre for “Music – Edition – Media” (ZenMEM)

Competence centre in Digital Humanities

Researchers from Computer Science and the Humanities of the Paderborn University, the Hochschule für Musik Detmold and the Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences develop new methods and tools in the field of digital humanities within a project funded over three years by the German Federal Ministry of Education and Research.

Based on a long-standing cooperation between the Heinz Nixdorf Institute’s “Contextual Informatics” workgroup and the Virtual Research Network Edirom at the Musicology Seminar Detmold/Paderborn, the competence centre for “Music – Edition – Media” explores new concepts and methods for handling musical and other, primarily non-textual objects in different media in the context of digital editions. Thereby, experience from computer science (also from the areas of Human-Computer Interaction, Music and Film Informatics and Software Engineering), the media sciences (Media Education and Media Economy) and Musicology is being aggregated to discuss questions such as how to model musical content considering its graphical, logical and performative domains, how to support the distributed editorial tasks through co-actively usable virtual spaces, how to guarantee the sustainability of the developed tools and their maintenance, or to support new forms of interaction with digital musical objects.

In the project’s first year, the activities undertaken by the “Contextual Informatics” workgroup in cooperation with the Musicology workgroup focussed on the coordination of annotation models, processes of annotating and possible scenarios of using annotations in the process of philological detail work on the subject of music. Of special interest was the granularity of digital objects that may change in specific scenarios when being viewed under different perspectives, thus resulting in challenges of a dynamic modelling and referencing these objects. The fact that the domain models cannot be completely comprehended in advance of the software development and thus are subject to change during the development process, resulted in new software engineering approaches of iterative, model-driven development of software and user interfaces which are evaluated within the project. Several prototypes have been developed to allow for gesture-based interaction with musical sound.

In addition to the exchange of conceptual experiences for requirements analysis and engineering between computer science and musicology, the latter have also supported the annual Edirom Summer School with quantitative evaluations



Unterstützung von Musikwissenschaftlern und Produzenten  
Support for Musicologists and Producers

identify the demand for education and training in the field of Digital Humanities in general and digital music editions in particular. In cooperation between Musicology and the “Contextual Informatics” workgroup, first versions of workshops have been developed that can serve as basis for future planning of a master programme in these areas. The competence centre’s efforts to date – to be available as point of contact for the coordination and cooperative support of scientific projects within the field of Digital Humanities – have already come to fruition, resulting in first cooperations with external projects and the planning and application of further projects.



**Dipl.-Inform. Andreas Oberhoff**  
E-mail: [Oberhoff@upb.de](mailto:Oberhoff@upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 65 14



Supported by: Federal Ministry for Education and Research (BMBF)

Project partners: Paderborn University: Musicology Seminar Detmold/Paderborn, Human Computer Interaction, Software Quality Lab, Media Education and Empirical Media Research, Media Economics and Media Management, Centre of Information and Media Technology; Hochschule für Musik Detmold: Centre of Music & Film Computer Science; Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences: Centre of Music & Film Computer Science



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

## e-lab

### Entwicklung von E-Learning-Szenarien für das alltägliche Lernen

Das e-lab ist ein Labor der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ für die Erforschung von E-Learning-Szenarien. Zu den Zielen gehören neben der Entwicklung innovativer Konzepte für die Unterstützung von Lehr- und Lernprozessen durch digitale Medien auch die Erprobung derartiger Konzepte gemeinsam mit verschiedenen Partnern an der Universität unter alltagspraktischen Bedingungen sowie der Transfer zu außeruniversitären Partnern.

#### Erprobung innovativer Konzepte in der universitären Lehre

Einen Schwerpunkt bilden die unterschiedlichen Projekte innerhalb der Universität, die auf die Verbesserung der Qualität der Lehre abzielen. Basierend auf der hochschulweit genutzten ko-aktiven Lern- und Arbeitsplattform koLA werden Szenarien wie beispielsweise die Diskursorientierte Pyramidendiskussion oder das Thesen-Kritik-Replik-Verfahren umgesetzt, die am Institut für Humanwissenschaften entwickelt wurden. Die dabei erforderlichen komplexen Abläufe in Verbindung mit der Nutzung einer Vielzahl von Dokumenten wären ohne eine geeignete technische Unterstützung kaum durchführbar. Außerdem wird der Prozess des Diskurses vergegenständlicht und kann so selber zum Gegenstand der Betrachtung werden.

Neben der wissenschaftlichen Untersuchung solcher Prozesse, die in interdisziplinärer Zusammenarbeit verschiedener Fachgruppen der Universität erfolgt, wird stets auch die Umsetzung eines produktreifen Systems angestrebt, das dann interessierten Nutzern zur Verfügung gestellt werden kann, um die Methoden in der Praxis zu erproben und schließlich auch auf Lehr- und Lernprozesse außerhalb der Universität zu übertragen.

#### Innovationsmanagement für Studium und Lehre

Die Fachgruppe ist außerdem beteiligt am Projekt „Innoversity“, das durch den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft sowie die Heinz Nixdorf Stiftung gefördert wird. Die Studierenden sollen zu aktiven Gestaltern werden und ebenso wie Lehrende, die in Projekten innovative Konzepte rund um Digitalisierung und E-Learning entwickelt haben, die Möglichkeit erhalten, ihre Ansätze in die Breite zu bringen und zu verstetigen. Unter Federführung des IMT der Universität Paderborn werden derzeit Gespräche darüber geführt, das e-lab als Innovationswerkstatt und Erprobungsumgebung für derartige Projekte zur Verfügung zu stellen.



**Dr. rer. nat. Harald Selke**  
E-Mail: Harald.Selke@upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 13



Projektpartner: Universität Paderborn: Institut für Kulturwissenschaften, Institut für Informatik, Zentrum für Informations- und Medientechnologien, Bezirksregierung Detmold, Schulamt der Stadt Paderborn



[elab.uni-paderborn.de](http://elab.uni-paderborn.de)

#### Einsatz im schulischen Alltag

Im schulischen Umfeld werden derzeit die Akzente verschoben. Stand bislang der Ausbau der schulischen Plattform „Bildung im Dialog“ im Fokus, rücken derzeit die neuartigen Interaktionskonzepte der WebArena in den Mittelpunkt. Dieses in der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ entwickelte Konzept bildet die Basis für die Unterstützung von Lehr- und Lernprozessen durch webbasiertes responsives Positionieren. Derzeit wird u. a. ein erster Prototyp für eine digitale Tafel entwickelt, die anders als bisher übliche derartige Systeme die Potenziale digitaler Medien ausschöpft und beispielsweise auch in Verbindung mit einem digitalen Schulheft ko-aktiv genutzt werden kann.

Im Rahmen der Lernstatt Paderborn stehen derzeit Aspekte der Integration im Vordergrund. Angestrebt wird dabei die möglichst nahtlose Zusammenarbeit mit anderen Diensten zur Gestaltung und Organisation von Unterricht – angefangen bei E-Mail über Vertretungspläne bis hin zu Multimedia-Diensten, die Unterrichtsinhalte zur Verfügung stellen. Auch der bislang weitgehend für die individuelle Betreuung eingesetzte MokoDesk wird auf seine Einsatzmöglichkeiten im schulischen Alltag hin untersucht.

## e-lab

### Developing E-Learning Scenarios for Everyday Learning

The e-lab is a laboratory run by the “Contextual Informatics” workgroup to investigate e-learning scenarios. It aims at developing innovative concepts for supporting teaching and learning processes with digital media, putting these concepts to the test in practical everyday teaching within university, and transferring them to partners outside university.

#### Innovative Concepts in University Teaching

One major focus of the e-lab is the different projects within university that aim at improving the quality of teaching. Based on the university’s co-active learning and working platform koLA, scenarios are implemented such as Discourse Oriented Pyramid Discussions or the Thesis-Critique-Replique Method that were developed within the Institute of Human Sciences. The complex processes as well as the requirement for dealing with a multitude of documents within these scenarios would render them not practicable without adequate technical support. In addition, the process of discourse can be made persistent and thus become an object of research in itself.

Such processes are investigated in close interdisciplinary cooperation with several workgroups at the university. However, the e-lab also aspires to turn the concepts into products that can be made available to interested users, allowing them to test the methods in their settings and eventually transfer them to teaching and learning processes outside university.

#### Innovation Management for Teaching and Learning

The workgroup also participates in the “Innoversity” project funded by the Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft and the Heinz Nixdorf Stiftung. The goal here is to allow students to become active creators by allowing them – in the same way as lecturers who have developed innovative concepts in projects within the field of digitization and e-learning – to make their approaches available to a broader audience. Managed by the Paderborn University’s IMT, considerations are underway to utilise the e-lab as an innovation workshop and testbed for such projects.

#### Application in Everyday School Life

In the use of digital media in schools, there is currently a shift of priorities in our projects. While so far, the development of the platform “Education in Dialogue” was the main focus, the new types of the WebArena’s interaction concepts become more central. Being developed in the “Contextual Informatics” workgroup, these concepts form the basis for supporting tea-



Erprobung von Lernszenarien im e-lab  
Experimenting with learning scenarios in the e-lab

ching and learning processes by web-based responsive positioning. Among others, a first prototype for a digital whiteboard is currently being developed that – unlike similar systems that are already available – exploits the potentials of digital media and can, e. g., be used co-actively with a pupil’s digital exercise book or notebook.

Within the Lernstatt Paderborn project, issues of integration are currently in the foreground. The goal here is to allow for a seamless cooperation with other IT services supporting teaching and organisational processes in school – from e-mail and teacher substitution tables to multimedia services that supply lesson content. In addition, the MokoDesk which has so far mainly been used for supporting pupils individually, is currently being explored for use cases where classes are taught in school.



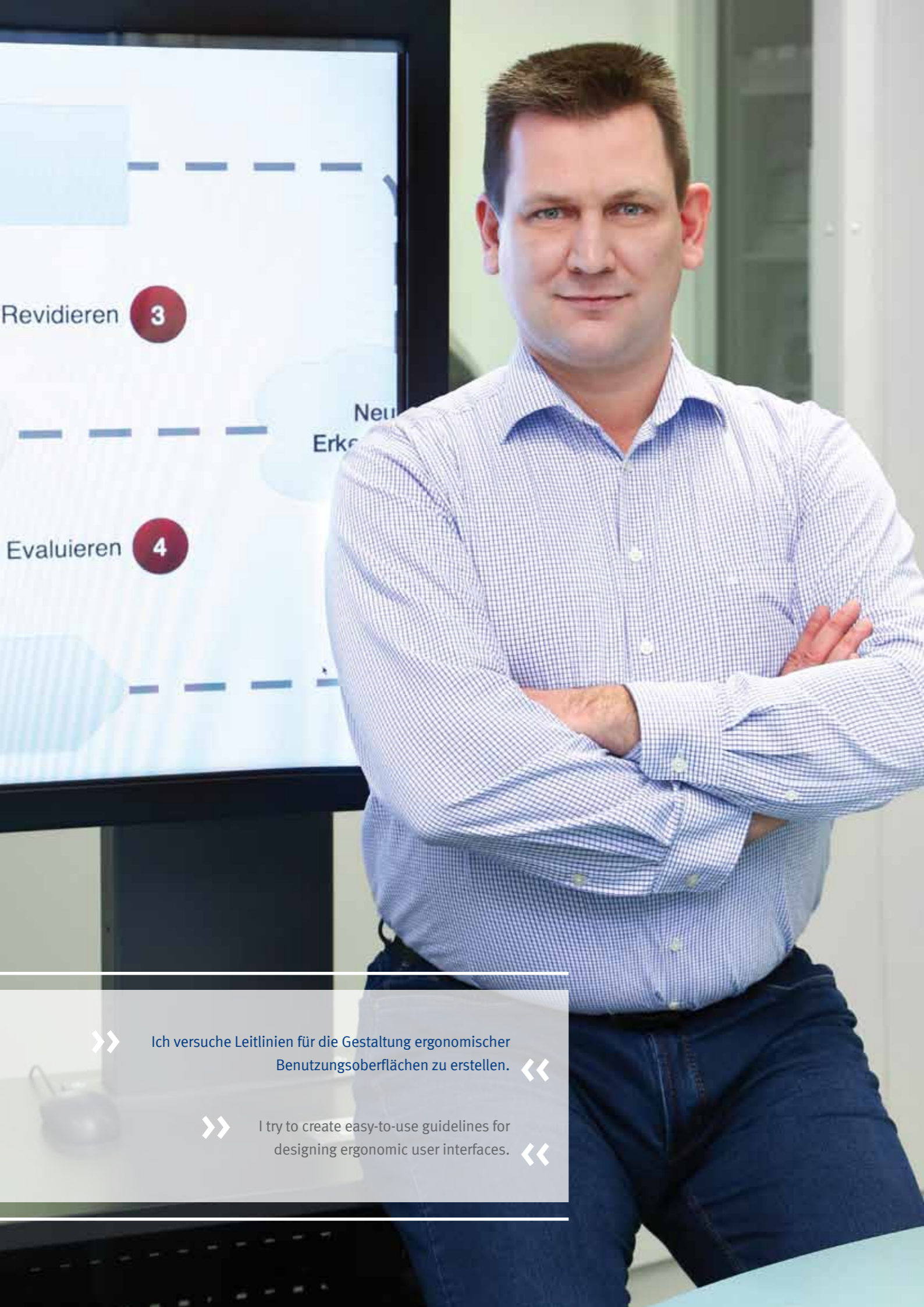
**Dr. rer. nat. Harald Selke**  
E-mail: Harald.Selke@upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 13



Project partners: Paderborn University: Institute for Cultural Sciences, Institute for Computer Science, Information and Media Technologies Centre, District Government Detmold, City of Paderborn



[elab.uni-paderborn.de](http://elab.uni-paderborn.de)



Ich versuche Leitlinien für die Gestaltung ergonomischer Benutzungsoberflächen zu erstellen.



I try to create easy-to-use guidelines for designing ergonomic user interfaces.



---

## Christian Schild

Dipl.-Wirt.-Inf.  
Kontextuelle Informatik

---

Mein Name ist Christian Schild. Während meiner kaufmännischen Ausbildung in einem Paderborner Großhandel für Werkzeuge und Stahl bin ich erstmals intensiver mit Computern in Berührung gekommen. Dort wurde mein Interesse an IT-Systemen und den damit verbundenen betrieblichen Prozessen geweckt. Dies führte anschließend zu meinem Studium der Wirtschaftsinformatik an der Universität Paderborn, da ich dort meine neuen Interessen vertiefen konnte. Meine Diplomarbeit am Heinz Nixdorf Institut beschäftigte sich dann auch mit den Bereichen kooperative Wissensarbeit und Prozessmanagement.

Anfang 2006 beendete ich mein Studium; im Anschluss arbeitete ich als Berater für die UNITY AG. Dort konnte ich als Berater bei der Daimler AG im Bereich des Prozess- und Projektmanagements im Automobilbereich neue Fähigkeiten erlernen und ausbauen. Durch diese Erfahrungen wurde mein Blick auf die Entwicklung von ergonomischen Benutzungsoberflächen gelenkt. Da ich durch mein Studium bereits Kenntnisse in diesem Bereich erworben hatte, wusste ich, dass die Fachgruppe von Prof. Reinhard Keil am Heinz Nixdorf Institut sich mit den entsprechenden Fragestellungen beschäftigt. Seit Juli 2008 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“.

Mein besonderes Interesse in der Forschung gilt der Softwareergonomie und den damit verbundenen fächerübergreifenden Aufgaben und Fragestellungen. Dazu gehören beispielsweise auch Themen aus der Psychologie und die daraus resultierenden Anforderungen an IT-Systeme. Eine wichtige Herausforderung im Bereich der Softwareergonomie besteht darin, Gestaltungswissen so zu kodifizieren, dass dieses systematisiert und als Grundlage für eine hypothesengeleitete Technikgestaltung verwendet werden kann. Um diese Fragestellung zu bearbeiten, versuche ich, in meiner Dissertation das Konzept der Gestaltungskonflikte aufzugreifen und mithilfe der von Christopher Alexander beschriebenen Gestaltungsmuster die Konflikte in der Entwicklung kontextabhängig aufzulösen und so Entwicklern einen Leitfaden für ergonomische IT-Systeme an die Hand zu geben.

Wenn ich in meiner Freizeit nicht mit meinen beiden Kindern spiele, versuche ich mehr Zeit im Stadion des FC Schalke und des SC Paderborn zu verbringen und Snowboard zu fahren. Andere Hobbys wie Angeln und Basketball müssen dann häufig hinten anstehen.

---

## Christian Schild

Dipl.-Wirt.-Inf.  
Contextual Informatics

---

My name is Christian Schild. During my vocational training as a wholesale salesman in Paderborn, I came into contact with IT Systems and the underlying business processes. That led to my studying business computing at the Paderborn University, where I delved into my new interests. Within my diploma thesis at the Heinz Nixdorf Institute I worked in the fields of cooperative knowledge work and process management.

In 2006, I finished my studies and began working as a consultant for the UNITY AG. Working in a project for the Daimler AG I learned new skills and abilities in the field of process and project management within the automotive industry. With this new experience I focused on the development of ergonomic user interfaces. Based on my studies, I already had some knowledge in this area and knew about the research areas Prof. Reinhard Keil works with at the Heinz Nixdorf Institute. Since July 2008, I have been working as a research assistant within the “Contextual Informatics” workgroup.

Within the research area of software ergonomics I am particularly interested in interdisciplinary questions and tasks, like, for example, topics from psychology and the resulting requirements for IT systems.

One big challenge in the area of software ergonomics is to codify and systematise design knowledge. The goal is to use this knowledge for hypotheses-guided design of systems. To solve this problem within my PhD thesis I try to use the design patterns described by Christopher Alexander and the concept of design conflicts. By solving these conflicts within the development process I can give an easy-to-use guideline to developers how to create ergonomic user interfaces.

My leisure time is mostly reserved for my two kids. Other than that, I try to have some time in the arena of the FC Schalke and SC Paderborn. With those time consuming activities, I don't have much time for fishing and basketball.

## Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Heiko Hamann  
Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik

Hohe Rechenleistung kann nur durch eine Kombination von leistungsfähigen Computersystemen und Algorithmen, die die Fähigkeiten solcher Systeme nutzbar machen, erreicht werden. Eine besondere Herausforderung stellen dabei Systeme dar, die aus vielen Komponenten bestehen und keine feste Struktur haben, sondern sich mit der Zeit verändern. Unsere Forschung konzentriert sich auf derartige Systeme wie das Internet, drahtlose mobile Kommunikationsnetzwerke, Peer-to-Peer-Netzwerke, Multicores oder Roboterschwärme. Zentraler Gegenstand unserer Forschung sind die Entwicklung, theoretische Analyse und experimentelle Evaluation von Algorithmen, die die Effektivität und Effizienz solcher Systeme verbessern.

E-Mail: [fmadh@upb.de](mailto:fmadh@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 80

 [www.hni.upb.de/alg](http://www.hni.upb.de/alg)

## High Performance = Innovative Computer Systems + Efficient Algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Heiko Hamann  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik

High computing performance can only be achieved with a combination of powerful computer systems and algorithms that make full use of the capabilities of such systems. Systems consisting of many components and with a structure that is not fixed, but changes over time, represent a particular challenge. Our research focuses on such systems, such as the internet, wireless and mobile communication networks, peer-to-peer networks, multicores, or robot swarms. The central focus of our current research is the development, theoretical analysis and experimental evaluation of algorithms that improve the effectiveness and efficiency of such systems.

E-mail: [fmadh@upb.de](mailto:fmadh@upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 80

 [www.hni.upb.de/en/alg](http://www.hni.upb.de/en/alg)





## Fachgruppe Algorithmen und Komplexität

Zukünftige IT-Systeme werden noch in weit stärkerem Maße als heute aus vielen unterschiedlichen Komponenten bestehen. Solche Systeme sind häufig zu groß und zu dynamisch, um zentral verwaltet werden zu können. Daher stehen bei uns algorithmische Probleme im Vordergrund, die sich mit dezentralen Methoden zur Kontrolle und Optimierung derartiger Systeme befassen.

Moderne verteilte IT-Systeme wie z. B. das Internet, Peer-to-Peer-Systeme oder drahtlose Kommunikationssysteme, aber auch Schwärme von Sensoren oder mobilen Robotern stellen neuartige Herausforderungen an die Algorithmenentwicklung: Da wegen der Größe und Dynamik solcher Systeme die einzelnen Komponenten (Peers, Roboter ...) nur sehr eingeschränkte lokale Information über den aktuellen Zustand des Gesamtsystems haben, müssen neu-lokale-algorithmische Methoden zur Nutzung und Kontrolle solcher Systeme entwickelt werden. Unsere Forschung befasst sich auf vielfältige Weise mit derartigen lokalen Algorithmen.

### Lokale Strategien in dynamischen Netzwerken

Dynamische Netzwerke, d. h. Netzwerke, deren Topologie sich über die Zeit verändert, spielen in vielen Bereichen eine wichtige Rolle. Sie tauchen z. B. als sogenannte Overlay-Netzwerke zur Unterstützung von Peer-to-Peer-Systemen auf, deren Topologie sich ständig durch neue Peers oder Auscheiden vorhandener Peers verändert. Wegen der Größe und Dynamik derartiger Netzwerke ist es häufig nicht möglich, sie durch eine zentrale Kontrolle zu steuern oder zu optimieren. Wir befassen uns in diesem Umfeld insbesondere mit lokalen Strategien, die das Netzwerk ständig an sich ändernde Anwenderanforderungen anpassen.

### Algorithmische Spieltheorie

Bei vielen aktuellen Problemen – beispielsweise bei großen dezentralen Netzwerken – steht nicht mehr die Frage der Lösung durch eine zentrale Autorität im Mittelpunkt, sondern die verteilte Lösung durch eine Vielzahl von Akteuren. Hierbei wählen Akteure ihre Strategien nach ihren eigennützigen Interessen, was zu Lösungen führen kann, die schlechter sind als die einer zentralen Autorität. Wir untersuchen hierbei einerseits, wie stark der Einfluss des strategischen Handelns der Akteure auf die Qualität der Lösungen ist. Andererseits interessiert uns die Berechnung von Vorhersagen, zu welchen Ergebnissen das strategische Verhalten führen kann.

### Ressourcenmanagement in Rechenzentren

In modernen heterogenen Datenzentren gewinnt Ressourcenmanagement mehr und mehr an Bedeutung. Rechenzeit, Energie oder Datenrate sind nur einige Beispiele für eingeschränkte Ressourcen. In unserer Fachgruppe entwickeln wir Ansätze, um Scheduling-Algorithmen effizienter zu machen und dabei der steigenden Größe von Rechenzentren gerecht zu werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Scheduling mit Setup-Zeiten und energieeffizientem Scheduling.

### Schwarmintelligenz und Evolutionäre Robotik

Technische Systeme werden immer komplexer. Wir entwickeln biologisch inspirierte Ansätze, die aus Prinzip auf einfachen Algorithmen aufgebaut sind, aber dennoch komplexe Aufgaben lösen können, indem viele dieser einfachen Einheiten miteinander kooperieren. Unsere Ansätze werden durch mathematische Modellierung unterstützt und wir testen sie in Anwendungen verteilter Robotersysteme. Im Bereich der Evolutionären Robotik entwickeln wir Methoden zur automatischen Erzeugung von Robotersteuerungen. In einem Projekt, das dieses Jahr gestartet wurde, wenden wir unsere Methoden auf verteilte Robotersysteme an, die mit Pflanzen interagieren.

### Computergrafik: Echtzeitnavigation in komplexen virtuellen Szenen

Um in einem virtuellen dreidimensionalen Raum navigieren und einen realistischen Eindruck erzeugen zu können, werden u. a. hohe Ansprüche an Datenstrukturen gestellt, mit denen solche Szenen verwaltet und mit denen Bilder gerendert werden. Ein Schwerpunkt liegt bei uns auf der Entwicklung von Methoden, die abhängig von der Blickposition und -richtung des Betrachters in Echtzeit Entscheidungen über das für die Blickposition effizienteste der anwendbaren Rendering-Verfahren treffen. Wir erproben unsere Ansätze in Anwendungen zur Produktionsplanung und -steuerung gemeinsam mit Partnern im Heinz Nixdorf Institut.

## Workgroup Algorithms and Complexity

Future IT systems will, to a far greater extent than today, consist of many different components. Such systems are often too large and dynamic to be managed centrally. Therefore, we focus on algorithmic problems dealing with decentralised methods for the control and optimisation of such systems.

Modern distributed IT-systems, such as the Internet, peer-to-peer systems, and wireless communication systems, as well as swarms of sensors or mobile robots, pose new challenges for algorithm design. As their components (peers, robots, etc.) only have a limited local view of a system's current state, new-local-algorithmic methods for utilising and controlling these systems have to be developed. Our research addresses such problems from various perspectives.

### Local Strategies in Dynamic Networks

Dynamic networks, that is, networks whose topology changes over time, play an important role in many areas. For example, they surface as so-called overlay networks for the support of peer-to-peer systems, whose topology is permanently modified by coming and going peers. Due to the size and dynamics of such networks, it is often impossible to operate and optimise them through central control. In this research area, we address, among others, the development of local strategies that permanently adapt the network to changing needs of applications.

### Algorithmic Game Theory

In many relevant problem areas, for example, in large decentralised networks, the question of resolution through a central authority is no longer the focal point. The solution is instead resolved through a multitude of actors. Here, actors choose their strategies according to their egoistic interests, which may lead to resolutions that are worse than those from a central authority. On the one hand, we investigate how much the actor's strategic actions influence the resolution quality. On the other hand, we are interested in forecasting the resolutions, to which strategic actions may lead.

### Resource management in compute centers

In modern heterogeneous data centers, resource management gains more and more importance. Computing power, energy, or data rate are only some examples for limited resources. In our workgroup, we develop approaches to make scheduling algorithms more efficient and to cope with the increasing size of compute centers. A special focus of our group lies in scheduling with setup times and energy-efficient scheduling.

### Swarm Intelligence and Evolutionary Robotics

Engineered systems are getting more and more complex. We develop bio-inspired approaches that start by principle from simple algorithms but still achieve complex tasks by cooperation of many simple entities. Our approaches are supported by mathematical modelling and we test them in applications of distributed robotics. Within the field called Evolutionary Robotics, we develop methods to automatically generate controllers for robots. In a project started this year, we apply our methods in distributed robot systems that interact with natural plants.

### Computer Graphics: Real-Time Navigation in Complex Virtual Scenes

In order to enable navigation through a three-dimensional space and to generate a realistic impression, the data structures that maintain such scenes and render images must fulfil very ambitious requirements. We place an emphasis on the development of methods that, depending on the observer's point of view, make real-time decisions as to which rendering method can be employed most efficiently. We test our approaches in applications for production planning and scheduling with partners at the Heinz Nixdorf Institute.

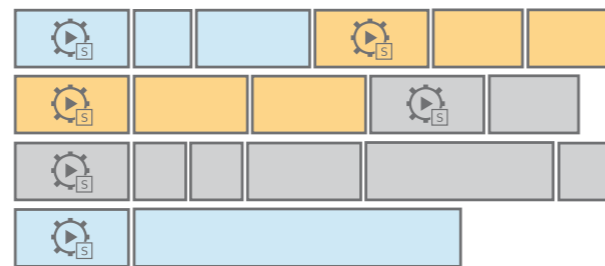
## Ressourcenmanagement in dynamischen & heterogenen Umgebungen

Effiziente Ressourcenverwaltung gewinnt durch neue Szenarien wie Cloud Computing oder das On-The-Fly Computing des SFB 901 eine immer zentralere Bedeutung. Unsere Arbeiten umfassen das Scheduling auf Ressourcen mit Setup-Zeiten als auch energieeffizientes Scheduling mit oberen Geschwindigkeitsschranken und variablen Stromkosten.

### Scheduling mit Setup Betrachtungen

In heutigen Rechenzentren müssen große Mengen von Berechnungen effizient verarbeitet werden. Um schnelle und effiziente Ausführungen garantieren zu können, ist die Verwendung effizienter und effektiver Schedulingalgorithmen notwendig. Ein wesentlicher Aspekt unserer Forschung ist die explizite Berücksichtigung von Setup-Zeiten, die für das Erreichen guter Performance eine wichtige Rolle spielen. Derartige Setup-Zeiten finden sich z. B. bei der Verwendung rekonfigurierbarer Hardware, die zunehmend an Bedeutung gewinnt. Im Hinblick darauf haben wir Algorithmen entwickelt und analysiert, die bei der Verwendung von Maschinen, welche Rekonfigurationen zwischen Berechnungen unterschiedlicher Art erfordern, Anwendung finden können. Da dieses Problem NP-schwer ist, haben wir uns insbesondere mit approximativen Lösungen beschäftigt, die effizient berechnet werden können.

Des Weiteren bieten neue Paradigmen wie Cloud Computing die Möglichkeit, Berechnung auf gemieteter Hardware durchzuführen. In einem derartigen Szenario wird eine kosten-effiziente und performante Ausführung besonders durch die Berücksichtigung von Zeiten für den Start von Maschinen und die Akquierung von Ressourcen beeinflusst. Hier haben wir Schedulingverfahren für die Ausführung von Jobs in der Cloud entwickelt. Diese Algorithmen müssen Entscheidungen bezüglich



Scheduling mit Setup-Zeiten. Maschinen müssen für verschiedene Operationen neu konfiguriert werden.  
Scheduling with Setup Times: Machines need to be reconfigured for different operations.

lich der Fragestellung treffen, welche Maschinen für wie lange gemietet werden und wie Jobs auf diese Maschinen verteilt werden. Unsere Algorithmen bieten im Hinblick auf Mietkosten bei gegebenen Anforderungen an die Qualität der Ausführung beweisbar gute Lösungen.

### Scheduling mit dynamischen Geschwindigkeitsschranken

Mit dem steigenden Energieverbrauch moderner Rechenzentren wird dieser als einer der wichtigsten Faktoren für die Effizienz von Rechenzentren angesehen. Techniken wie Intels SpeedStep oder AMDs PowerNow! ermöglichen es, die Geschwindigkeit von Prozessoren nahezu beliebig zu steuern. Außerdem gewinnen dynamische Geschwindigkeitsschranken in der Praxis mehr und mehr an Wichtigkeit. So können z. B. Ausfälle von Klimaanlage dazu führen, dass Prozessorgeschwindigkeiten herabgesetzt werden müssen. Heutzutage muss zusätzlich davon ausgegangen werden, dass Energiekosten über die Zeit schwanken.

Im Jahr 2015 haben wir uns mit diesen Eigenschaften befasst und ein Schedulingproblem analysiert, in dem wir die Energiekosten unter hoch dynamischen Geschwindigkeitsschranken und variablen Stromkosten minimieren. Mit fortgeschrittenen Techniken der konvexen Optimierung haben wir einen Polynomzeit-Algorithmus entwickelt, der sogar für stetig variierende Geschwindigkeitsschranken und dynamische Stromkosten eine beweisbar optimale Lösung liefert.

**Dipl.-Math. Sören Riechers**  
E-Mail: Soeren.Riechers@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 27

**M.Sc. Alexander Mäcker**  
E-Mail: Alexander.Maecker@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 27

Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“, Teilprojekt C4, EU Projekt (IP) „Foundational Research on MULTilevel comPLEX networks and systems“ (MULTIPLEX)

[www.hni.upb.de/alg/forschung](http://www.hni.upb.de/alg/forschung)

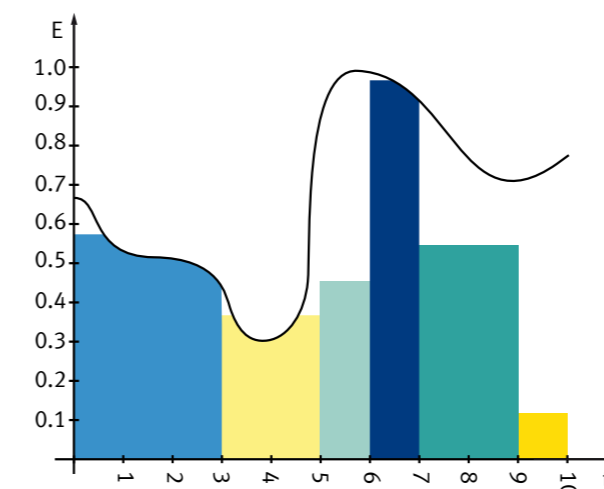
## Resource Management in Dynamic & Heterogeneous Environments

Efficient resource management gains more and more importance in scenarios like Cloud Computing or On-The-Fly Computing as analysed in our SFB 901. Our current research in this area deals with scheduling on devices with setup times and energy-efficient scheduling with upper speed limits and variable energy costs.

### Scheduling with Setup Considerations

In today's compute centres, huge amounts of computations are carried out. To be able to guarantee fast and efficient processing, efficient and effective scheduling algorithms are inevitable. One main aspect of our research is the explicit consideration of setup times that need to be taken into account in order to achieve good performance.

Such setup times naturally occur, for example, due to the use of reconfigurable hardware, which gains more and more importance in practice. In view of this example, we designed and analysed algorithms, which can be applied when machines that need to be reconfigured when switching the kind of computation are used. Since this problem is proved to be NP-hard, we focused on approximate solutions which we are able to compute efficiently. In addition, new paradigms like cloud computing allow the execution on hardware rented from the cloud. In such scenarios, cost-efficient execution with good guarantees on performance are influenced by paying careful attention to setup times that result from processes of booting machines and acquiring



Jobs (in unterschiedlichen Farben dargestellt) werden auf einem Prozessor mit einem Geschwindigkeitslimit ausgeführt.  
Jobs (represented in different colours) are executed on a processor with a dynamic speed limit.

**Dipl.-Math. Sören Riechers**  
E-mail: Soeren.Riechers@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 27

**M.Sc. Alexander Mäcker**  
E-mail: Alexander.Maecker@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 27

Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject C4, EU project (IP) "Foundational Research on MULTilevel comPLEX networks and systems" (MULTIPLEX)

[www.hni.upb.de/en/alg/research](http://www.hni.upb.de/en/alg/research)

resources. We developed algorithms for scheduling jobs on machines from the cloud. These algorithms are in charge of making decisions concerning which machines are rented for how long and how jobs are efficiently processed on these machines. Our algorithms provide provably good solutions in terms of rental cost under given quality-of-service constraints.

### Scheduling with dynamic speed limits

Energy has long since been recognised as one of the most important factors concerning the profitability of modern compute centres. Techniques such as Intel's SpeedStep as well as AMD's PowerNow! allow to control the speed of processors almost arbitrarily. Furthermore, upper speed limits gain more and more importance in practice. For example, failures of air conditioning can make it necessary to temporarily slow down one or more processors. Nowadays, we also need to cope with energy costs that vary over time.

In 2015, we tackled these properties and considered a scheduling problem where we minimise energy costs while having dynamic upper speed limits as well as variable electricity costs. Using advanced techniques from convex optimisation, we were able to give a provably optimal polynomial-time offline algorithm even for continuously varying upper speed limits and dynamic energy costs.

## Algorithmen auf dynamischen Netzwerken

Große Netzwerke mit großen Mengen an Daten sind zentrale Themen des modernen Rechnens. Einerseits interessieren wir uns für das Verständnis und die Nutzung großer dynamischer Netzwerke, welche in der Regel so groß sind, dass keine globalen Operationen darin mehr durchgeführt werden können. Andererseits sind wir daran interessiert, wie wir aus großen Mengen an verteilt erzeugten Daten Informationen extrahieren können.


### Lokalität in Network-Creation-Games

Viele der heutigen Netzwerke entstehen durch die egoistischen und lokalen Entscheidungen ihrer Teilnehmer. Am deutlichsten sichtbar ist dies beim Internet, welches aus den unkoordinierten Peering-Entscheidungen Tausender autonomer Teilnetze entsteht. Um die Qualität von Netzwerken zu verstehen, welche durch das strategische Handeln der Teilnehmer entstehen, untersuchen wir die Konvergenzprozesse und die Ergebnisse des strategischen Handelns in solchen Netzwerken. Unsere Werkzeuge dafür stammen aus der algorithmischen Spieltheorie und sind bekannt als „Network-Creation-Games“.


Network-Creation-Games modellieren die Teilnehmer als rationale Akteure, welche beliebige Verbindungen im Netzwerk herstellen können. Hierbei bemüht sich jeder Teilnehmer, einen bestmöglichen Kompromiss zwischen den Kosten für die Aufrechterhaltung der Verbindungen und den Kosten für die Kommunikation mit anderen Teilnehmern zu erreichen. Bis vor Kurzem war die Annahme hierbei, dass die Teilnehmer globales Wissen über das Netzwerk benötigen, damit sie überhaupt rationale Entscheidungen treffen können. Doch wenn man Netzwerke wie das Internet betrachtet, dann ist es unmöglich, dass die Teilnehmer die vollständige Netzwerkstruktur kennen. Daher war im letzten Jahr Lokalität einer unserer Schwerpunkte: Wir konnten zeigen, dass bereits sehr geringes Wissen genügt, um dennoch global gute Ergebnisse zu gewährleisten.

### Algorithmen für verteilte Datenströme

Die Verarbeitung von großen Datenmengen in Form von verteilten Datenströmen hat sowohl in der Forschung als auch in der Praxis große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Anwendungsbereiche erschließen sich vom Network Monitoring über Datenbankinformationssysteme bis hin zu Data Warehousing. Diese Bereiche stellen Situationen dar, in denen von mehreren Teilnehmern kontinuierliche Datenströme generiert werden (wie z. B. Geschwindigkeit, Temperatur oder Workload), von denen die  $k$ -Teilnehmer mit den höchsten Werten identifiziert werden sollen. Dieses wird durch einen zusätzlichen Koordinator erreicht, der das Wissen über die top- $k$ -Teilnehmer verwaltet.

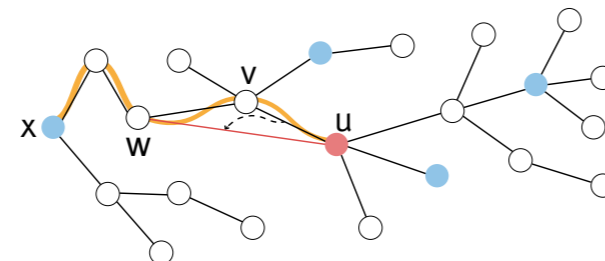
 **Dipl.-Math. Andreas Cord-Landwehr, M.Sc.**  
E-Mail: [Andreas.Cord-Landwehr@hni.upb.de](mailto:Andreas.Cord-Landwehr@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 28

 **M.Sc. Manuel Malatyali**  
E-Mail: [Manuel.Malatyali@hni.upb.de](mailto:Manuel.Malatyali@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 62

 Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“, Teilprojekt A1, DFG Projekt: „Distributed Data Streams in Dynamic Environments“ (DISDAS)

 [www.hni.upb.de/alg/projekte](http://www.hni.upb.de/alg/projekte)

Naturgemäß ändern sich die Datenströme über die Zeit und stellen insgesamt ein extrem großes Datenvolumen dar. Folglich ist es nicht möglich (und auch nicht notwendig), dem Koordinator jede Änderung zuzusenden. Stattdessen beschäftigen wir uns mit Strategien, die eine lokale Aggregation der Werte verteilt im Netzwerk durchführen und damit die Kommunikationskosten verringern. Hierbei haben wir in diesem Jahr neue Algorithmen entwickelt und analysiert, welche die  $k$ -größten Werte kontinuierlich identifizieren. Unsere Algorithmen benötigen nur logarithmisch viel Kommunikationsaufwand, im Vergleich zu Strategien mit Wissen über den weiteren Verlauf der Datenströme. Insbesondere erlauben sie, durch einen parametrisierten Fehler den Kommunikationsaufwand weiter zu reduzieren. Dies sind wichtige Schritte in Richtung späterer, an die jeweiligen Gegebenheiten angepasster Implementierungen.



Verbessernde Kantenänderung im Netzwerkspiel  
Improving edge-swap in the network creation game

## Algorithms in Dynamic Networks

Large networks and big data therein are key issues of modern computing. We are interested in understanding and utilising large networks, which usually come with a very dynamic behaviour and which are simply too big to perform global operations. On the other hand, we are interested in how to collect and evaluate enormous amounts of data that is continuously generated in the network at a centralised position.

### Locality in Network Creation Games

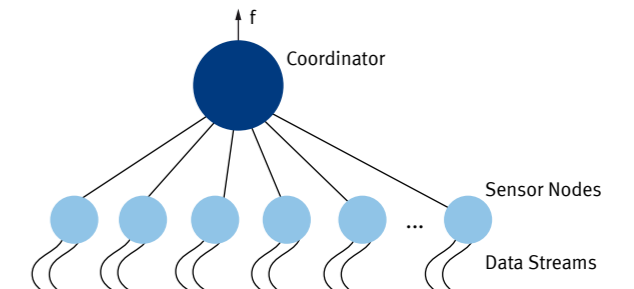
Many of today's networks are formed by selfish and local decisions of their participants. Most prominently, this is true for the Internet, which emerged from the uncoordinated peering decisions of thousands of autonomous subnetworks. To understand the quality of such networks that are created by the strategic actions of its participants, we study the convergence process and the outcomes of the strategic behaviour in such networks. Our tools originate from algorithmic game theory and are broadly known as "network creation games".

Network creation games model the participants as rational actors who can create arbitrary connections, whereas every participant strives for improving the tradeoff between minimising the cost for maintaining connections and minimising the communication distances to other agents. Until recently, the assumption was that participants have global knowledge about the networks, on which they base their decisions. Yet, when considering networks like the internet, its dynamics and vast size make it impossible to have even rough knowledge about all of it. During last year, our concerns were about locality: We showed that having participants with just a very little knowledge of the network suffices to guarantee good outcomes.

### Algorithms for Distributed Data Streams


The problem of processing big streams of data has raised great interest in both the research community and many application fields. Examples spread from network monitoring, over database information systems, to data warehousing. These are remarkable examples of situations where from many agents that continuously generate information (e.g. speed, temperature, workload) only those should be identified with the  $k$  highest values. This is achieved by a single coordinator agent who provides the knowledge of those top- $k$  locations.


By the very nature of this problem, the distributed values vary over time and the total generated data set is of extreme size. Thus, it is not reasonable (actually, also not necessary) to always keep the coordinator informed about every value




Koordinator berechnet Information aus allen Datenströmen  
Coordinator computes information (based on the union of all data streams)

change anywhere in the system. Instead of this, the wiser alternative is to reduce the overall amount of communication by aggregating the locally observed values on-the-fly. As an important step in this direction, this year we provided a new algorithm that identifies the locations with the  $k$  highest values of those data streams and we showed that the required number of messages is only logarithmic compared to the optimal number of messages required when one assumes that all information is known beforehand. Our algorithms even allow to control the required amount of messages by specifying how accurate the observed result must be: allowing an error drastically reduces the number of messages and by this are important steps towards later scenario-tailored implementations.

 **Dipl.-Math. Andreas Cord-Landwehr, M.Sc.**  
E-mail: [Andreas.Cord-Landwehr@hni.upb.de](mailto:Andreas.Cord-Landwehr@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 28

 **M.Sc. Manuel Malatyali**  
E-mail: [Manuel.Malatyali@hni.upb.de](mailto:Manuel.Malatyali@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 62

 Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject A1, DFG project: "Distributed Data Streams in Dynamic Environments" (DISDAS)

 [www.hni.upb.de/en/alg/projects](http://www.hni.upb.de/en/alg/projects)

## Algorithmen in der Computergrafik

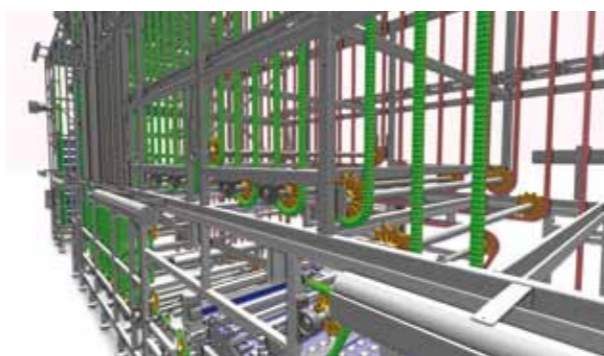
In 3-D-unterstützten Simulations- und Testumgebungen navigiert man interaktiv in hochkomplexen 3-D-Szenen, die teilweise zur Laufzeit erst erzeugt werden. Zur Darstellung solcher 3-D-Szenen in Echtzeit entwerfen wir Renderingalgorithmen, die die zu verarbeitende Datenmenge zur Laufzeit so stark verringert, dass eine Navigation möglich ist.

### On-The-Fly-Approximation von zur Laufzeit erzeugten virtuellen Welten

Das gezielte Testen von Funktionen eines Fahrerassistenzsystems erfolgt heutzutage mithilfe von Fahrsimulatoren, die moderne aufwendige Virtual-Reality-Darstellungen von zahlreichen unterschiedlichen Testszenarien beinhalten. Die 3-D-Szenen der Testszenarien sind hochkomplex, weisen ein hohes dynamisches Verhalten auf und müssen in Echtzeit dargestellt werden. Wir entwickeln Algorithmen und Methoden, die die zu verarbeitenden 3-D-Daten vereinfachen und in ihrer Komplexität reduzieren, um in solchen virtuellen Welten navigieren zu können. In traditionellen Anwendungen liegen diese z. T. sehr großen Datensätze auf physikalischen Speichermedien und es können aufwendige Vorberechnungen durchgeführt werden, um Datenstrukturen zu erzeugen, die diese Aufgabe erleichtern. Solche Vorberechnungen sind jedoch in unserem Anwendungsfeld, der Simulation von Fahrerassistenzsystemen, nicht möglich, da die virtuelle Umgebung um einen Betrachter nicht vollständig bekannt ist. Dies ist z. B. der Fall, wenn die 3-D-Daten erst zur Laufzeit durch einen Testleiter generiert werden oder von einer externen Datenquelle eingespielt werden. Wir entwickeln Datenstrukturen und Algorithmen, um komplexe Geometrien, ohne Vorberechnungen, on-the-fly zu vereinfachen und in Echtzeit darzustellen. Zukünftige Arbeiten zielen darauf ab, die Beleuchtung der in Echtzeit erzeugten Szenen realistischer aussehen zu lassen. Dieses wollen wir durch die Betrachtung von globalen Lichtinformationen realisieren.

### Echtzeitrendering von CAD-Daten mit PADrend

In unserer Gruppe wird seit 2007 das Renderingsystem PADrend (Platform for Algorithm Development and Rendering) entwickelt. PADrend ist ein Softwaresystem für virtuelle Walkthroughs in hochkomplexen virtuellen 3-D-Szenen und zielt darauf ab, die Entwicklung von Rendering-Algorithmen zu unterstützen und die Möglichkeit zu bieten, verschiedene Algorithmen fair zu vergleichen. In PADrend wurden im letzten Jahr neue Rendering-Algorithmen entwickelt, die die Darstellung hochkomplexer CAD-Daten beschleunigen. Die entwickelten Algorithmen zielen besonders auf die Anforderungen von



Automatisches Erkennen eines Animationspfades einer Förderkette aus einem 3-D-Polygonmodell  
Automatic detection of the animation path of a conveyor chain in a 3d polygon model

Maschinenanlagen, die einen hohen Grad an sich bewegenden Objekten in der virtuellen Szene aufweisen. Im Spitzencluster it's OWL haben wir PADrend eingesetzt, um für Maschinen- und Anlagenbauer aus Ostwestfalen-Lippe hochkomplexe CAD-Konstruktionsdaten in Design-Reviews zu visualisieren. Der Anlagenbauer WP Kemper GmbH setzte PADrend auf dem iba-Messestand in München zur 3-D-Visualisierung seiner hochkomplexen dynamischen Maschinen und Anlagen ein. Für dieses Projekt wurde u. a. ein Algorithmus zum automatischen Erkennen von Animationspfaden für den Materialtransport mit Förderketten, Schienen oder Fließbändern auf Grundlage der Oberflächen der 3-D-Polygonmodelle entwickelt.



**Dr. Matthias Fischer**  
E-Mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 66



**M.Sc. Sascha Brandt**  
E-Mail: Sascha.Brandt@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 51



Gefördert durch: it's OWL: Querschnittsprojekt Mensch-Maschine-Interaktion (BMBF)



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

## Algorithms for Computer Graphics

In 3D assisted simulation and test environments it is often required to interactively navigate in highly complex 3D scenes, which are partly generated at run time. To render such 3D scenes in real time, we develop rendering algorithms, which reduce the amount of data to be processed in such a way that fluent navigation is possible.

### On-the-fly approximation of emerging virtual worlds

Nowadays, the specific testing of functions of driver assistance systems takes place with the aid of driving simulators which contain modern complex virtual reality representations of numerous different test scenarios. The 3D scenes of the test scenarios are highly complex, highly dynamic, and have to be rendered in real time. We develop algorithms and methods to simplify and reduce the complexity of the 3D data to be processed, to make such virtual worlds navigable. In traditional applications, these partly very large datasets are stored on physical storage media and can be preprocessed to create data structures to make this task easier. Unfortunately, such preprocessing steps are not possible in our application field, the simulation of driver assistance systems, because the virtual environment around an observer might not be completely known beforehand. For example, this is the case, when the 3D-data is generated at run time through a test leader, or received from an external data source. We develop data structures and algorithms to simplify and render complex geometry on-the-fly, without preprocessing. Future works will also focus on realistic lighting simulation for the generated scenes, using global illumination information.



Hochkomplexe 3-D-Szene einer Backanlage der Firma WP Kemper, bestehend aus ca. 100 Mill. Dreiecken  
Highly complex 3D scene of a baking system from the company WP Kemper, consisting of approx. 100 million triangles



**Dr. Matthias Fischer**  
E-mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 66



**M.Sc. Sascha Brandt**  
E-mail: Sascha.Brandt@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 51



Supported by: it's OWL: Cross-sectional Project Human-Machine-Interaction (BMBF)



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

### Real-time rendering of CAD-data using PADrend

Since 2007, we develop in our group the rendering system PADrend (Platform for Algorithm Development and Rendering). PADrend is a software system for virtual walk-throughs in highly complex virtual 3D scenes and is aimed at the aided development of rendering algorithms and the possibility to fairly compare different algorithms. Last year, we developed new rendering algorithms in PADrend, to speed up the visualisation of highly complex CAD data. The algorithms that were developed last year focus especially on the requirements of machinery which have a high degree of moving parts in the virtual scene. In the leading-edge cluster it's OWL, we used PADrend to visualise highly complex CAD construction data in design reviews for mechanical engineering companies from Ostwestfalen-Lippe. The mechanical engineering company WP Kemper GmbH used PADrend at their exhibition stand at the iba in Munich for the 3D visualisation of their highly complex dynamic machinery. For this project, we also developed an algorithm for the automatic detection of animation paths for the material transport with conveyor chains, rails, or conveyor belts, using only the surface information of the 3D polygonal models.

## Algorithmische Spieltheorie

### Untersuchung strategischen Verhaltens und Maschinelles Lernen in strategischen Spielen

Die Algorithmische Spieltheorie untersucht Szenarien, in denen rationale Akteure miteinander interagieren. Wie betrachten wir Szenarien, in denen Akteure selbst Ressourcen auswählen, um ihren (wiederum von den Ressourcen abhängigen) Bedarf zu decken. Außerdem verwenden wir Methoden des maschinellen Lernens im Kontext von strategischen Spielen.

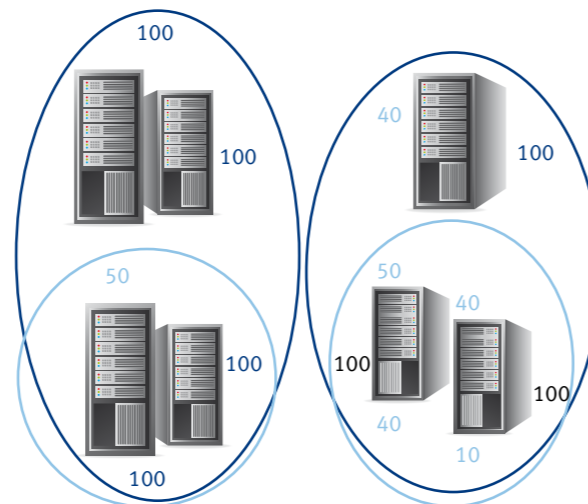
Die Algorithmische Spieltheorie untersucht die Auswirkungen strategischen Handelns seitens autonomer Akteure. Eine Fragestellung ist hierbei etwa die Berechnungskomplexität von Ergebnisprognosen bei verteilter Allokation von Ressourcen, wie beispielsweise Kapazitäten in Netzwerken oder Rechenleistung von Servern. Weiterhin untersuchen wir, wie sich dynamische Anpassungsprozesse verhalten, wenn Agenten wiederholt auf die Aktionen anderer Agenten reagieren: Welche Dauer haben solche Prozesse? Konvergieren sie zu stabilen Zuständen? Wie ineffizient sind diese Systeme?

#### Resource Allocation Games

In der Praxis verfügen viele Ressourcen nur über eine begrenzte Kapazität. Beispiele dafür sind etwa die Rechenleistung von Compute Centern oder die Bandbreite von Netzwerknoten. Wählen Akteure ihre Ressourcen selbst aus, liegt ihr Interesse in erster Linie darin, dass ihr eigener Bedarf gedeckt wird. Sollte die Kapazität einer Ressource nicht ausreichen, um den Bedarf aller Akteure zu decken, so muss sie unter ihnen aufgeteilt werden. Als Resultat erhalten die Akteure weniger Anteil an der Ressource als eigentlich gewünscht. Ob sie sich damit zufrieden geben, hängt unmittelbar davon ab, wie sehr die anderen Ressourcen ausgelastet sind. Wir nehmen an, dass der Bedarf eines Akteurs nicht statisch ist. Stattdessen kann er je nach Wahl der Ressourcen variieren. Bei der Wahl von Compute Centern etwa hängt die benötigte Rechenleistung von der dort eingesetzten Hard- und Software ab. Wählt ein Akteur ein anderes Compute Center, kann sich auch sein Bedarf an Rechenleistung ändern.

#### Maschinelles Lernen und Spieltheorie

Motiviert aus dem Kontext des Sonderforschungsbereichs, haben wir uns mit aggregierten Qualitätsbewertungen beschäftigt. Das betrachtete Szenario enthält viele Einzelservices, die aber nur in verschiedensten Kompositionen dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden. Die Qualität des Endproduktes setzt sich dann aus den einzelnen Qualitäten zusammen und der Nutzer sieht und bewertet nur das Ergebnis. Die einzelnen Anbieter handeln alle gewinnorientiert und ihre Qualitätsentscheidungen können als verschiedene Strategien im Sinne der Spieltheorie gesehen werden.



Resource Allocation Games: Abdeckung des variablen Bedarfs  
Resource Allocation Games: Satisfying variable demands

Unser Ziel ist es nun, aus der Gesamtbewertung auf die einzelnen gewählten Qualitäten zu schließen. Hierzu setzen wir in diesem strategischen Spiel Methoden des Maschinellen Lernens ein. Im Gegensatz zu klassischen Verfahren sind die Gegner hier nicht länger stochastisch oder bösartig, sondern sie handeln strategisch. Des Weiteren entscheidet nicht das Lernverfahren über die nächste gewählte Aktion, sondern die strategischen Spieler.

Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik  
E-Mail: Alexander.Skopalik@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 57

Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“, Teilprojekt A3, EU Projekt (IP) „Foundational Research on MULTilevel comPLEX networks and systems“ (MULTIPLEX)

[www.hni.upb.de/alg](http://www.hni.upb.de/alg)

## Algorithmic Game Theory

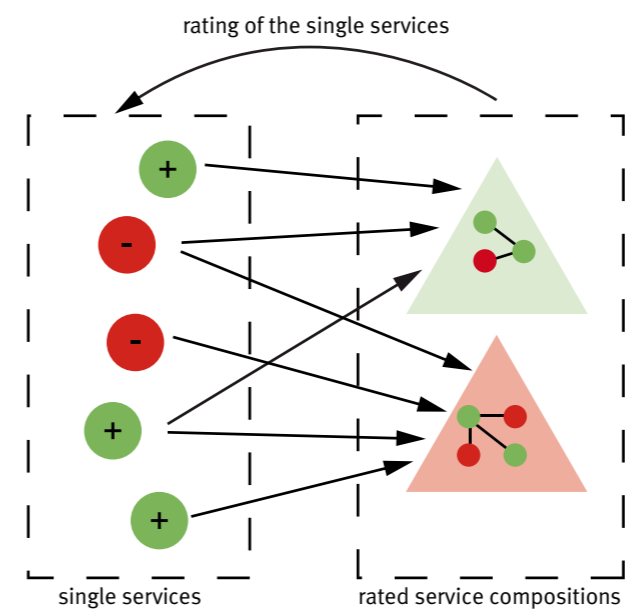
### Analysing Strategic Behaviour and Machine Learning in Strategic Games

Algorithmic game theory studies scenarios involving the interaction of rational agents. On the one hand, we look at scenarios in which the actors choose resources to satisfy their (resource-dependent) demands. On the other hand, we use methods of Machine Learning in the context of strategic games.

Algorithmic game theory is concerned with issues relating to the results of strategic actions of autonomous actors. We investigate the computational complexity of outcome forecasts for the distributed allocation of resources, e.g. capacities in networks or the computing powers of servers. Furthermore, we examine the behaviour of dynamic adjustment processes when agents repeatedly respond to the actions of other agents: What time do such processes have? Do they converge to stable states? How inefficient are these systems?

#### Resource Allocation Games

In practice, resources usually only have a limited capacity. Examples for this are the computational power of compute centres or the bandwidth of nodes in a network. If actors are allowed to choose their resources themselves, they are mainly interested in covering their total demand. If the capacity of a resource is not sufficient to cover the demand of all actors, it has to be split



Maschinelles Lernen und Spieltheorie: Umgang mit aggregierten Bewertungen  
Machine Learning and Game Theory: Dealing with Aggregated Reputations

Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik  
E-mail: Alexander.Skopalik@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 57

Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject A3, EU project (IP) “Foundational Research on MULTilevel comPLEX networks and systems” (MULTIPLEX)

[www.hni.upb.de/en/alg](http://www.hni.upb.de/en/alg)

among them. As a result, the actors receive a smaller share of the resource than they wish for. Whether they are satisfied with this directly depends on the congestion of the other resources.

We assume that the demand of an actor is not fixed. Instead, it may vary between resources. When choosing a compute centre, the desired computational power depends on the available hard- and software. If an actor chooses a different compute centre, his/her demand for computational power may change.

#### Machine Learning and Game Theory

Motivated from the vision of the Collaborative Research Center, we work on aggregated quality reviews. The considered scenario consists of many individual services which are available to the customers in a variety of compositions. The quality of the final product is aggregated by the quality of its components, but the users only see and evaluate the result. The individual vendors are all profit-oriented and their quality decisions can be seen as different strategies in terms of game theory.

Our goal is the disaggregation of this overall reputation. For this purpose, we use methods from Machine Learning in the context of this strategic game. Unlike traditional methods, the adversaries are no longer stochastically or malicious, but they handle strategically. Furthermore, the learning algorithm cannot select the next action, but the strategic players choose them.

## Schwarmintelligenz und Evolutionäre Robotik

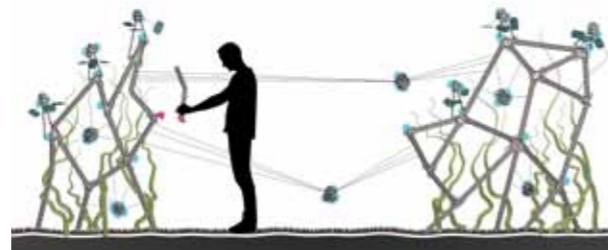
Die Entwicklung adaptiver Systeme, die autonom und zuverlässig in dynamischen Umgebungen agieren, ist eine große Herausforderung der Robotik. Die Methoden der Schwarmrobotik helfen, die Komplexität solcher Systeme zu reduzieren, und Methoden der Evolutionären Robotik helfen, Robotersteuerungen automatisch zu generieren. In unserem Projekt „flora robotica“ erforschen wir, wie man Pflanzen und Roboter mit diesen Methoden zusammenfügen kann.

### Schwarmintelligenz

In der Schwarmintelligenz werden natürliche und künstliche Systeme untersucht, die aus vielen Individuen bestehen und sich per dezentraler Steuerung und Selbstorganisation koordinieren. Insbesondere werden kollektive Verhalten betrachtet, die sich aus lokaler Interaktion zwischen den Individuen und ihrer Umwelt ergeben. Beispiele sind Multi-Roboter-Systeme und bestimmte durch Ameisenverhalten inspirierte Algorithmen zur Optimierung und Datenanalyse. Ziel unserer Arbeiten ist es, Einzelverhalten mit simplen Algorithmen zu definieren und trotzdem komplexe Systemverhalten zu erzeugen. Auf diese Weise hoffen wir, auch in Zukunft die steigende Komplexität ingenieurtechnischer Systeme beherrschen zu können.

### Evolutionäre Robotik


Die Evolutionäre Robotik ist dem Bereich der Künstlichen Intelligenz, genauer dem Maschinellen Lernen zuzuordnen. Es ist eine neue Methode, um autonome Roboter automatisch herzustellen. Die Evolutionären Algorithmen, basierend auf Darwins Prinzip der Auslese und Reproduktion der gut angepassten Organismen. Dieser neue Ansatz betrachtet Roboter als autonome, künstliche Organismen, die ihre Fähigkeiten selbst ohne menschliches Eingreifen entwickeln, indem sie eng mit ihrer Umwelt interagieren. Ziel ist also, die Roboter nicht mehr händisch programmieren zu müssen.




Schematische Darstellung des „flora-robotica“-Systems  
Schematic representation of the “flora robotica” systems

### flora robotica

In unserem durch die EU geförderten Projekt „flora robotica - Societies of Symbiotic Robot-Plant Bio-Hybrids as Social Architectural Artifacts“ entwickeln und untersuchen wir eng miteinander verbundene, symbiotische Beziehungen zwischen Robotern und Pflanzen. Insbesondere erforschen wir das Potenzial von Pflanzen-Roboter-Gesellschaften, um architektonische Artefakte und Wohnräume zu schaffen. flora robotica ist ein vierjähriges Projekt, wird gefördert durch die „EU-Horizon 2020 Future and Emerging Technologies Proactive Action“ und wurde im April 2015 gestartet. flora robotica ist in das EU-Arbeitsprogramm „Knowing, doing and being: cognition beyond problem solving“ eingebunden, dessen Ziel es ist, neue Grundlagen für die zukünftige Robotik und andere künstliche kognitive Systeme zu schaffen. Dabei wird ein Fortschritt angestrebt, der klar über den momentanen Möglichkeiten und Entwürfen liegt. An diesem Projekt arbeitet ein sehr interdisziplinäres Team aus den Bereichen Informatik, Robotik, Molekulare und Zelluläre Biologie, Zoologie, Mechatronik, Umweltsensorik und Architektur zusammen. Momentan entwickeln wir die notwendige Roboter-Hardware und wir haben erste Experimente begonnen, um künstliche Wachstumsmuster automatisch in Pflanzen zu erzeugen. Das wird erreicht, indem wir verschiedene Stimuli (z. B. Licht oder Berührung) auf die Pflanze ausüben, die die natürlichen Tropismen (Wachstum und Bewegung) der Pflanze in gewünschter Weise aktivieren.

 **Jun.-Prof. Dr. Heiko Hamann**  
E-Mail: Heiko.Hamann@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 64 65

 Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“, Teilprojekt B1; EU Horizon 2020 FET-Projekt flora robotica

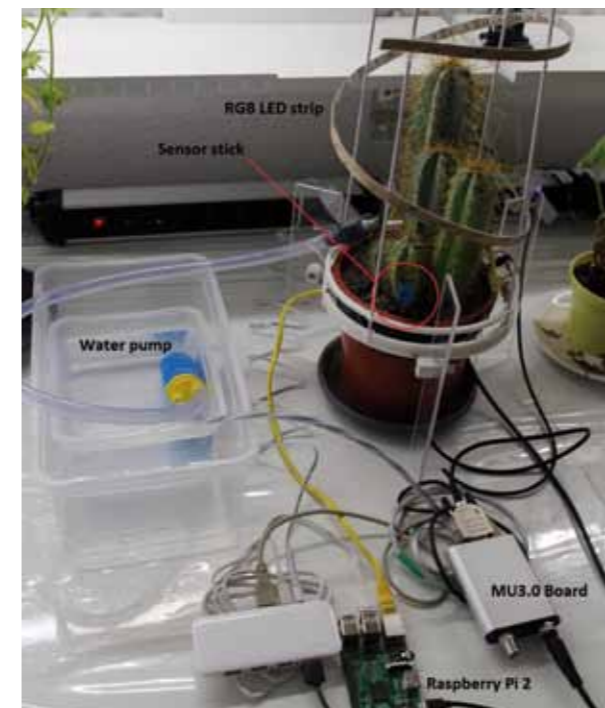
 [www.florarobotica.eu](http://www.florarobotica.eu)

## Swarm Intelligence and Evolutionary Robotics


The design of adaptive systems which are able to operate autonomously and reliably in dynamic environments, is one of the big challenges in robotics. The methods of swarm robotics help to reduce the complexity of such systems and methods of evolutionary robotics help to generate robot controllers automatically. In our project “flora robotica”, we apply these methods to investigate novel approaches in combining robots and natural plants.


### Swarm Intelligence

Swarm Intelligence is the discipline that deals with natural and artificial systems composed of many individuals that coordinate using decentralised control and self-organization. In particular, the discipline focuses on the collective behaviours that result from the local interactions of the individuals with each other and with their environment. Examples of systems studied by swarm intelligence are multi-robot systems and certain computer programs that are written to tackle optimisation and data analysis problems. The objective of our approach is to define individual behaviours based on simple algorithms but still generate complex system behaviours. In this way we hope to be able to govern the increasing complexity of engineered system also in the future.



Einfacher Experimentaufbau mit Pflanze, Sensoren, Aktuatoren und Steuerung  
Simple experiment setup with natural plant, sensors, actuators, and controller

 Assistant Prof. Dr. Heiko Hamann  
E-mail: Heiko.Hamann@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 64 65

 Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject B1; EU Horizon 2020 FET project flora robotica

 [www.florarobotica.eu](http://www.florarobotica.eu)

### Evolutionary Robotics

Evolutionary Robotics belongs to the field of artificial intelligence, in particular machine learning. It is a new method to generate autonomous robots automatically. Evolutionary Algorithms are based on the Darwinian principle of selection and reproduction of the well adapted organism. It is a new approach that considers robots as autonomous artificial organisms. The robots develop their own skills without human action and closely interacting with their environment. Hence, the objective is to get rid of manual programming work of robot controllers.

### flora robotica

In our EU-funded project flora robotica – Societies of Symbiotic Robot-Plant Bio-Hybrids as Social Architectural Artifacts we develop and investigate closely linked symbiotic relationships between robots and natural plants and explore the potentials of a plant-robot society able to produce architectural artefacts and living spaces. flora robotica is a 4 year project funded under the EU-Horizon 2020 Future and Emerging Technologies Proactive Action and was started in April 2015. flora robotica responds to the work-programme theme ‘Knowing, doing and being: cognition beyond problem solving’, the goal of which is to establish new foundations for future robotics and other artificial cognitive systems. The project assembles a highly cross-disciplinary team drawn from the fields of Computer Science, Robotics, Molecular and Cellular Biology, Zoology, Advanced Mechatronics & Environmental Sensing and Architecture. Currently we are developing the robotic hardware and we have started experiments to generate artificial growth patterns in natural plants automatically.



Die Entwicklung einer Maschine mit der Erwartung, dass sie sich so intelligent verhält wie ein Mensch, ist wie der Versuch, sich mit einem selbst gekauften Geschenk zu überraschen.

Crafting a machine and expecting it to reach the human level of intelligence is like buying yourself a gift and getting surprised.

## Mohammad Divband Soorati

M.Sc.  
Algorithmen und Komplexität

Ich bin wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Schwarmintelligenz und Mitglied der Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“. Durch meine Arbeit in der Schwarmrobotik und in der evolutionären Robotik verfolge ich das langfristige Ziel, der Beantwortung von offenen Fragen auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz näherzukommen, z. B. ob Roboter in der Lage sind, sich auf der Grundlage von Darwins Evolutionstheorie zu intelligenten Systemen zu entwickeln. Wenn dies gelänge, könnte eine Entwicklung solcher Systeme durch menschliche Ingenieure entfallen. Kann eine Zusammenstellung einfacher Einheiten und Regeln die Entstehung komplexer Maschinen zur Folge haben, die sich wie Lebewesen verhalten?

Ich wurde in einem kleinen Dorf im Norden des Iran geboren. Da es im Dorf kaum Bildungschancen gab, musste ich immer in die nächstgelegene Stadt fahren, wenn ich beispielsweise einen Englischkurs besuchen wollte. Bereits die Hin- und Rückfahrt zu den Kursterminen war eine Herausforderung. Es gab so gut wie keine öffentlichen Verkehrsmittel und es war nicht einfach, als achtjähriger spät abends eine Mitfahrgelegenheit zurück ins Dorf zu finden. Die Jahre vergingen. Nach dem Abschluss der weiterführenden Schule habe ich mich für den Studiengang Informatik an der naturwissenschaftlichen und technischen Universität des Iran eingeschrieben. Ich war schon immer davon fasziniert, was ich über Roboter gehört und gelesen hatte, und Computertechnik war das, was dem Fachgebiet Robotik im Iran am nächsten kam. Bei Abschluss des Studiums hatte ich bereits fünf nationale und internationale Tagungsbeiträge verfasst und für einen davon eine Auszeichnung für die beste Arbeit erhalten.

Forschung bedeutete für mich, neue Herausforderungen zu finden und innovative Ideen zu ihrer Bewältigung einzuführen. Dieser Prozess begeisterte mich und ich entschied mich für ein Masterstudium. Bei der Suche nach einer Universität mit einer hohen Reputation wurde ich auf die Universität Paderborn aufmerksam – bekannt für besondere Leistungen im Bereich Informatik. Ich habe mich beworben und wurde angenommen. Bis zu meinem Master-Abschluss in Informatik dauerte es nicht lange. Zurzeit bin ich Mitglied des EU-Projekts „flora robotica“. Im Rahmen dieses Projekts konstruieren wir gemischte Populationen aus symbiotischen Roboter-Pflanzen-Biohybriden. Mein Anteil an diesem Projekt besteht in der Erforschung von selbstorganisierenden Verfahren, mit denen die Roboter das Gerüst der Pflanzen formen und im Fall von Schäden an der Struktur reparieren können. Das ist ambitioniert, aber nicht unmöglich.

## Mohammad Divband Soorati

M.Sc.  
Algorithms and Complexity

I am a research associate in swarm intelligence and a member of the “Algorithms and Complexity” workgroup. I work on swarm and evolutionary robotics and my ultimate goal is to contribute in answering some of the open questions in artificial intelligence, such as: can robots evolve into intelligent systems based on the Darwinian theory of evolution instead of engineering them ourselves? Can the collection of simple units and rules rise into sophisticated, intelligent machines like living creatures?

I was born in a small village in northern Iran. The level of education in the village was quite poor, so I had to travel to the closest city to complete English courses, for instance. Finding the means of transportation to attend the courses and getting back home was not easy, especially when I was 8 and I had to find a car that would be heading to my village late at night. Years passed. After graduating from high school, I started attending Iran University of Science and Technology for computer engineering. I was always fascinated by what I had heard and read about robots and computer engineering was the closest programme to robotics in Iran. At the time of my graduation, I had five national and international conference papers, including a best paper award.

Research, to me, was finding new challenges and bringing new ideas forward to tackle them. I was amazed by this process, and I decided to apply for graduate studies. Looking for a university with a high reputation in computer science and specifically swarm intelligence, I found Paderborn University with a well-known contribution in computer science. I applied and I was admitted. Soon, I finished my master’s degree in computer science. Currently, I am a member of an EU-project called flora robotica – where we are building mixed societies of symbiotic robot-plant bio-hybrids. Our objective is to develop and investigate closely linked symbiotic relationships between robots and natural plants. In addition, we attempt to explore the potential of a plant-robot society to produce architectural artefacts and living spaces. My share in this project is to research self-assembling methods for the robots to form the scaffold of the plants and reassemble in case of damage to the structure. Ambitious, but not impossible.

## Verteilte Eingebettete Realzeitsysteme werden beherrschbar

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig (Seniorprofessor)

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“ erforscht den Entwurfsprozess eingebetteter Realzeitsysteme (engl. Distributed Embedded Real-time Systems) über alle Phasen und Aspekte.

E-Mail: [franz@upb.de](mailto:franz@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 65 00

 [www.hni.upb.de/eps](http://www.hni.upb.de/eps)

 **acatech**  
MITGLIED VON DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

## Distributed Embedded Real-time Systems become Manageable

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig (senior professor)

Nowadays, mobile phones and entire manufacturing plants are governed by informatics. More than 20 billion microprocessors and the software running them control whatever makes up our technical environment as “Embedded Systems”. The “Design of Distributed Embedded Systems” workgroup researches a seamless design process for Distributed Embedded Real-Time Systems (DERty) covering all phases and aspects of the design.

E-mail: [franz@upb.de](mailto:franz@upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 65 00

 [www.hni.upb.de/en/eps](http://www.hni.upb.de/en/eps)

 **acatech**  
MEMBER OF GERMAN ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING

1010101010  
1010101010  
1010101010  
1010101010  
1010101010  
10101010  
1010101010  
1010101010  
1010101010  
1010101010  
1010101010



## Seniorprofessur Prof. Rammig

Cyber-Physikalische Systeme (CPS) verbinden zwei der gravierendsten Umwälzungen unserer technischen Umgebung: das Internet mit seinen Potenzialen der globalen Vernetzung und der virtuellen Erbringung von Diensten sowie die informationstechnische Steuerung physikalischer Prozesse durch eingebettete Systeme. Eine informationstechnische Sphäre breitet sich über unseren Globus aus. Hierfür gilt es adäquate Entwurfsverfahren zu entwickeln.

Moderne IT-Konzepte können in allen technischen Artefakten beobachtet werden, wobei diese Artefakte immer enger vernetzt werden. Dadurch entsteht eine Cyber Biosphäre (CBS), die einen neuen „Organismus“ ungeahnter Komplexität erzeugt. Dieser „Organismus“ aus Computern, Netzwerken, Systemsoftware und Anwendungssoftware zeichnet sich durch Komplexität, Heterogenität und hochgradige Volatilität aus. Meist nutzt man den Begriff „Cyber Physical Systems“ (CPS). Hiermit wird das Zusammenwirken von virtualisierten IT-Diensten (Cloud Computing) mit eng an die physikalische Umgebung gekoppelten eingebetteten Realzeitsystemen charakterisiert.

In diesem Umfeld sind neuartige Entwurfs- und Betriebsparadigmen zu entwickeln. Wir entwickeln wesentliche Komponenten für die Beherrschung derartiger Systeme, die in einer mehr technischen Begriffswelt als verteilte eingebettete Realzeitsysteme (engl. Distributed Embedded Real-time Systems, DERTy) charakterisiert werden können. Dabei konzentrieren wir uns auf drei Hauptthemen:

### Spezifikation, Modellierung, Testen und formale Verifikation

Der Entwurf komplexer Systeme setzt auf der Ebene abstrakter Modelle ein. Über die Unified Modeling Language (UML) hinaus verfolgen wir weitere Ansätze. Insbesondere für Systeme mit immanenter Emergenz konzentrieren wir uns auf Laufzeit-Verifikation mittels Online Model Checking und auf Laufzeit-Diagnose auf der Basis künstlicher Immunsysteme.

### Komponentenbasierte verteilte Realzeitbetriebssysteme

Realzeitanwendungen werden in der Regel auf Realzeitbetriebssysteme (RTOS) aufgesetzt. Unser fein-granular konfigurierbares RTOS ORCOS (Organic Reconfigurable Operating System) steht im Quelltext zur Verfügung. ORCOS zeigt extrem kurze Reaktionszeiten, hat einen sehr kleinen Footprint und beinhaltet Selbstoptimierung. Die oben genannten Verfahren zur Laufzeit-Verifikation und -Diagnose werden als Betriebssystem-Dienste angeboten. Als weitere Systemebene entwickeln wir eine realzeitfähige Virtualisierungsschicht. Unser Hypervisor Proteus unterstützt sowohl Vollvirtualisierung wie auch Paravirtualisierung. Als weitere Besonderheit verfügt er über ein adaptives hierarchisches Scheduling.

### Rekonfigurierbare Hard- und Softwaresysteme

Auch die zugrunde liegende Hardware kann rekonfigurierbar ausgelegt werden. Bei dynamisch rekonfigurierbarer Hardware ist es schwierig zu unterscheiden, ob eine Strukturänderung Folge eines Fehlverhaltens oder einer gewollten Rekonfiguration ist. Zur Lösung dieses Problems arbeiten wir mit Methoden der künstlichen Immunsysteme. Dabei wird die Rekonfigurierbarkeit der Hardware gezielt für Antimaßnahmen gegen Fehlfunktionen ausgenutzt. Für die Programmierung hochdynamischer Realzeitsysteme entwickeln wir eine Umgebung auf der Basis von „Organic Programming“.

Unsere drei Forschungsbereiche hängen eng zusammen. Darüber hinaus untersuchen wir Anwendungen auf unterschiedlichen Feldern von selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus über Roboterschwärme bis hin zu ressourceneffizienten Systemen.

## Senior Professorship Prof. Rammig

System virtualisation describes the integration of multiple software systems – consisting of operating system and applications in isolated virtual machines – in a single electronic control unit. The application of this technology can reduce hardware costs and energy consumption by consolidation, but also involves special requirements concerning real-time and reliability.

Modern IT concepts can be observed in all kinds of technical artifacts. Their level of interconnection is steadily growing, gradually creating a Cyber Biosphere (CBS) and marking the emergence of a new kind of “organism” of unprecedented complexity. This “organism” consisting of computers, networks, system and application software stands out due to its complexity, heterogeneity and high level of volatility. Such organisms are often designated as “Cyber Physical Systems” (CPS), characterising the interaction of virtual IT services (Cloud Computing) with embedded real-time systems closely linked to their physical environment.

Such an environment calls for the development of innovative design and operational paradigms. We develop essential components for controlling such systems, which in technical terms can be referred to as Distributed Embedded Real-Time Systems (DERTy). In the process, we focus on three main areas:

### Specification, Modeling, Testing and Formal Verification

Designing complex systems starts with abstract models. We are pursuing approaches beyond the Unified Modeling Language (UML). For systems with immanent emergent behaviour a particular focus is placed on runtime verification through Online Model Checking and the runtime diagnosis on the base of Artificial Immune Systems.

### Component-Based Distributed Real-time Operating Systems

Typically, real-time applications are built on top of Real-time Operating Systems (RTOS). Our highly configurable real-time operating system ORCOS (Organic Reconfigurable Operating System) is available as Open Source. ORCOS boasts extremely short response times accompanied by a very small footprint and also includes self-optimisation. The above-mentioned runtime verification and runtime diagnosis e-methods are offered as an operating system service. As an additional system level we are developing Real-time-capable virtualisation. Our hypervisor Proteus supports both, full virtualisation and para virtualisation. One of its specialties is its adaptive hierarchical scheduling.

### Reconfigurable Hardware and Software Systems

In addition, the underlying hardware can be designed in a reconfigurable way. Dynamically reconfigurable hardware poses the challenge of distinguishing whether a structural change comes as a result of a malfunction or from a desired reconfiguration. We meet this challenge by employing methods of Artificial Immune Systems, exploiting the hardware’s reconfigurability for targeted measures to counter malfunctions.

Our three areas of research are closely connected. Furthermore, we investigate a variety of areas of application, ranging from self-optimising systems for mechanical engineering via swarms of robots to resource efficient systems.

---

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

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

---

Softwareintensive, hochgradig vernetzte Systeme bestimmen schon heute unseren Alltag. Innovationen und die dadurch zunehmende Softwarekomplexität sowie die Anforderungen an entsprechende Qualität sind nur beherrschbar und realisierbar, wenn neue Verfahren und Werkzeuge auf der Basis einer komponentenbasierten und modellgetriebenen Entwicklungsmethodik zur Verfügung stehen.

E-Mail: [wilhelm@upb.de](mailto:wilhelm@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 33 13

 [www.hni.upb.de/swt](http://www.hni.upb.de/swt)

 **acatech**

MITGLIED VON  DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

---


## Processes, Methods, Techniques and Tools for the Software Life Cycle

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

---

Software-intensive and highly interconnected systems are ubiquitous in our everyday lives. Innovation and the resulting increase in software complexity as well as the corresponding quality requirements can only be controlled and met if new techniques and tools, which support the model-based development and analysis of software, are available.

E-mail: [wilhelm@upb.de](mailto:wilhelm@upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 33 13

 [www.hni.upb.de/en/swt](http://www.hni.upb.de/en/swt)

 **acatech**

MEMBER OF  GERMAN ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING

## Fachgruppe Softwaretechnik

Die Entwicklung softwareintensiver Systeme kann bei hohen Qualitätsanforderungen nur bewältigt werden, wenn Prozesse und Methoden während des ganzen Software-Lebenszyklus eingesetzt werden. Die Anwendung einer komponentenbasierten und modellgetriebenen Entwicklungsmethodik ermöglicht die Beherrschung der Komplexität solcher Systeme. Analysen beinhalten z. B. Performance-Vorhersagen oder die Verifikation der funktionalen Korrektheit.

### Modellbasierter Entwurf softwareintensiver Systeme

Insbesondere Software in mechatronischen Systemen zeichnet sich dadurch aus, dass sie in einen Kontext eingebunden ist, der auf der Basis physikalischer Prinzipien mit seiner Umwelt interagiert. Typischerweise sind solche Systeme stark sicherheitskritisch, da sie z. B. in Autos, Flugzeugen, öffentlichen Verkehrsmitteln etc. eingesetzt werden. In der Fachgruppe werden daher Verifikationsverfahren zur Überprüfung der korrekten Funktionalität entwickelt, die sich auch frühzeitig im Entwicklungsprozess einsetzen lassen. Insbesondere spielt diesbezüglich die Überprüfung auf Einhaltung von Echtzeitanforderungen eine wichtige Rolle.

Eine hohe Qualität ist ebenfalls für betriebliche Informationssysteme essenziell, da im schlimmsten Fall die Existenz des Unternehmens bedroht ist, wenn die Systeme mit ungenügenden Antwortzeiten oder zu hohen Ausfallraten arbeiten. Hierzu werden in der Fachgruppe Methoden zur Qualitätsanalyse und Performanceprognose entwickelt, die unter anderem systematische Trade-off-Analysen ermöglichen.

Die Konzepte sind unter anderem in den Werkzeugen FUJABA Real-Time Tool Suite („From UML to Java And Back Again“), SimuLizar und des im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 901 „On-The-Fly-Computing“ entwickelten Service Specification Environment umgesetzt.

### Re-Engineering

Die Wartung von hochkomplexen Softwaresystemen umfasst die Korrektur, Erweiterung und Anpassung der Software. Im Fachgebiet Softwaretechnik werden diverse Verfahren entwickelt, um Entwickler bei dieser komplexen Aufgabe zu unterstützen. Dazu zählen werkzeuggestützte Reverse-Engineering-Ansätze zur Rückgewinnung von Entwurfsmodellen aus Quellcode, u. a. durch die Erkennung von Entwurfsmusterimplementierungen. Auch die Analyse von Software bezüglich Entwurfsmängel 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. Die Konzepte wurden im Werkzeug Archimatrix umgesetzt.

### Unterstützung für interdisziplinäre Entwicklungsprozesse

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.

## Workgroup Software Engineering

The development of high-quality, software-intensive systems can only be addressed if appropriate processes and methods are available and supported by tools throughout the whole software life cycle. Using a component-based approach helps manage the inherent complexity of such systems. Analyses range from syntactic consistency checks and performance predictions to the verification of the correctness of the system.

### Model-Based Design of Software-Intensive Systems

Software used in mechatronic systems is embedded in a technical context that interacts with its physical environment. It thus has to be taken into account. Typically, such systems are safety-critical systems such as cars, planes, or public transportation systems. The “Software Engineering” workgroup develops techniques and tools to formally verify the (correct) behaviour of such systems. The developed techniques can already be applied in early phases of the development process. The adherence to real-time constraints plays a particularly important role in this context.

High quality is also essential for business information systems, as insufficient response times or high failure rates may threaten the survival of a company. We develop quality performance prediction methods that allow, for instance, systematic trade-off analyses.

The concepts have been implemented in the FUJABA Real-Time Tool Suite (“From UML to Java And Back Again”), the SimuLizar tool, and the Service Specification Environment, which was developed within the Collaborative Research Centre (CRC) 901 “On-The-Fly Computing”.

### Re-Engineering

The maintenance of highly complex software systems involves the correction, extension, and adaptation of software. The group works on tool-supported reverse engineering techniques to retrieve design models from source code by, for example, identifying the implementation of design patterns. It is also possible to analyse software for design flaws (e. g. by identifying anti-patterns and “bad smells”). Another focus lies on techniques for correcting design flaws by applying (automatic) model transformations. The concepts have been implemented in the Archimatrix tool.

### Interdisciplinary Development Processes

New approaches for the specification of interdisciplinary development processes in the field of mechatronic systems are also a focus of our research. The approach pursued supports consistency control for documents, versions and configurations across the entire life cycle of a mechatronic product.

## Ehrendoktorwürde für Prof. Wilhelm Schäfer

Am 5. Oktober 2015 wurde Prof. Wilhelm Schäfer mit der Ehrendoktorwürde der bosnisch-herzegowinischen staatlichen Universität „Džemal Bijedić“ in Mostar ausgezeichnet. Diese Auszeichnung ist das Ergebnis von fast zwei Jahrzehnte langem Engagement von Prof. Schäfer, nicht nur in Bosnien und Herzegowina, sondern in der gesamten Westbalkanregion.

In dem einstimmigen Beschluss des Senats der Universität Mostar heißt es: „Prof. Wilhelm Schäfer hat einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Gesellschaft insgesamt geleistet, vor allem durch seine herausragenden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Software Engineering und durch sein Engagement beim Wiederaufbau und der Verbesserung des Hochschulsystems in Bosnien-Herzegowina und in den Westbalkanländern. Sein wissenschaftliches und pädagogisches Potenzial hat Prof. Schäfer in vielen nationalen, regionalen und insbesondere in EU-Kooperationsprojekten genutzt, um eine innovative Entwicklung der gesamten Hochschulbildung möglich zu machen und voranzutreiben.“

### Vielfältige Kooperationsbereiche

Die umfangreichen Kooperationen umfassen die folgenden Bereiche:

- Unterstützung der IT-Branche durch die Entwicklung der neuen Informatikstudiengänge sowie von Unterrichts- und Lernmaterialien für eine bedarfsorientierte Hochschulbildung und Qualifizierung im IKT-Bereich;
- Gründung der IKT-Kompetenzzentren als nationale Kristallisationspunkte für Hochschulbildung und berufliche Aus- und Weiterbildung in der IT-Branche;
- Qualitätssicherung von entwickelten Studiengängen der Informatik durch Akkreditierung;
- Unterstützung bei der Entwicklung der Anerkennungsverfahren von Bachelor-, Master- und Promotionsstudiengängen und des IKT-Fort- und Weiterbildungsangebots;
- Entwicklung der IT-Nationalen Qualifikationsrahmen (IT-NQR) für die Universitäten und die Berufsbildung;
- Modernisierung des Hochschulmanagements und weitere Entwicklung des Entrepreneurships;
- Transfer von Wissen und Technologie (mit einem Schwerpunkt auf Zentren der IT-Kompetenz);
- Entwicklung des ersten Promotionsstudiengangs auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien in Bosnien und Herzegowina;
- Entwicklung und Förderung der Mobilität von Studierenden und von Hochschulpersonal.



Verleihung der Ehrendoktorwürde durch Herrn Prof. Sead Pašić, Rektor der Universität „Džemal Bijedić“, Mostar, an Herrn Prof. Wilhelm Schäfer  
Awarding of the honorary doctorate by Prof. Sead Pašić, rector of the University „Džemal Bijedić“, Mostar, to Prof. Wilhelm Schäfer

### Titel zum fünften Mal vergeben

In ihrem 38-jährigen Bestehen hat die Universität Mostar diese Auszeichnung bisher nur fünfmal vergeben. Ausgezeichnete Persönlichkeiten waren z. B. Edvard Kardelj, der in damaligen jugoslawischen und westlichen politischen Kreisen als Nachfolger Titos gehandelt wurde, und Predrag Matvejević, in Mostar geboren, ein sehr beliebter Schriftsteller, Literaturwissenschaftler, Philosoph und Inhaber einer Professur an der Pariser Universität Sorbonne.



Dipl.-Oec. Ahmet Mehic  
E-Mail: Amehic@uni-paderborn.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 33 03



[www.hni.upb.de/swt](http://www.hni.upb.de/swt)

## Honorary Doctorate for Prof. Wilhelm Schäfer

Prof. Wilhelm Schäfer has been awarded with an honorary doctorate from the Bosnian-Herzegovinian State University “Džemal Bijedić” in Mostar, on 5 October 2015. This award is the result of an almost two decades long commitment from Prof. Schäfer, not only in Bosnia and Herzegovina, but also in the Western Balkan region.

The unanimous decision of the Senate of the University of Mostar states: “Prof. Wilhelm Schäfer has made a significant contribution to the overall development of the society, especially through his outstanding research in the field of software engineering and his commitment to the reconstruction and the improvement of higher education in Bosnia and Herzegovina and in the Western Balkan region. The scientific and educational potential of Prof. Schäfer has been useful in the many national, regional and in particular in the EU cooperation projects for enabling and accelerating the innovative development of the entire higher education.”

### Various areas of cooperation

The following areas are covered by multiple projects:

- Support for the IT industry through the development of new computer science courses as well as the support for teaching and learning materials for a demand-oriented higher education and qualification in the ICT sector;
- Establishment of ICT centres of excellence as national focal points for various higher education and vocational education and training in the IT industry;
- Development of quality assurance of the degree programmes in computer science by accreditation;
- Support for the enhancement of the recognition of bachelor's, master's and doctoral degree programmes, the ICT training, and further training offers;
- Development of IT National Qualifications Framework (NQF IT) for universities and vocational education and training;
- Modernisation of university management and the development of entrepreneurship in the universities;
- Knowledge and technology transfer (with an emphasis on centres of IT competence);
- Development of the first doctoral programmes in the field of information and communication technologies in Bosnia and Herzegovina;
- Development and promotion of mobility of students and university staff.

### Title awarded for the fifth time

During its 38 years of existence, this title has been awarded only 5 times at the University of Mostar. The former candidates were very eminent personalities, such as Edvard Kardelj, who was considered by the then Yugoslav and Western political circles as the successor of Tito, and Predrag Matvejević, born in Mostar, a very popular writer, literary scholar, philosopher and professor at the famous Sorbonne University.



Dipl.-Oec. Ahmet Mehic  
E-mail: Amehic@uni-paderborn.de  
Phone: +49 (0) 52 51 | 60 33 03



[www.hni.upb.de/en/swt](http://www.hni.upb.de/en/swt)

## Projektengagement in den Westbalkanländern



Seit mittlerweile 20 Jahren unterstützt die Fachgruppe „Softwaretechnik“ erfolgreich den Entwicklungsprozess im tertiären Bildungsbereich in der Westbalkanregion. In diesem Jahr ist sie an vier Projekten beteiligt, gefördert durch die EU-Programme Tempus und Erasmus Mundus. Partner in diesen Projekten sind neben weiteren Universitäten auch Wirtschafts- und Interessenvertretungen sowie eine Reihe von Bildungsministerien.

### Projekte im Rahmen des Programms „Tempus“

Das Ziel des Projekts „Benchmarking as a tool for improvement of higher education institution performance – BIHTEK“ ist die Verbesserung des Hochschulmanagements durch „Benchmarking“ der acht staatlichen Universitäten in Bosnien und Herzegowina. Insbesondere soll die spezifische Analyse der bestehenden Benchmarking-Praxis in der Hochschulbildung in den EU-Ländern zu für Bosnien und Herzogowina angepassten Verfahren führen und an allen Universitäten zum Einsatz kommen. Durch die zusätzliche Fokussierung auch auf Zusammenarbeit mit der Wirtschaft wird die Verbreitung der erzielten Projektergebnisse und deren Nachhaltigkeit ermöglicht.

*Projektpartner: 18*

Das Ziel des Projekts „Bosnia and Herzegovina Qualification Framework for Higher Education – BHFQFHE“ ist die Verbesserung der Transparenz und Übertragbarkeit der Bildungsabschlüsse an bosnisch-herzegowinischen Hochschulen auf den EU-„Bildungsraum“. Zusätzlich wird die Verbindung zwischen den heimischen Hochschulen und dem Arbeitsmarkt durch die Entwicklung und Umsetzung von nationalen Qualifikationsrahmen für die Hochschulbildung nach den Anforderungen des European Qualifications Framework (EQF) und des European Qualifications Framework for Higher Education (EQFHE) ausgebaut. Hierzu werden institutionelle Ressourcen an sechs staatlichen Universitäten, Bildungsministerien und Akkreditierungsagenturen aufgebaut sowie ein nationales BHFQFHE-Modell entwickelt und implementiert. Die Sammlung und Beurteilung von Lernergebnissen und die Entwicklung von sektoralen Deskriptoren sind weitere dem Gesamtziel vorausgehende Teilziele des Projekts.

*Projektpartner: 21*


### Projekte im Rahmen des Programms „Erasmus Mundus“


Das Projekt „European Research and Educational Collaboration with Western Balkans-EUROWEB+“ baut ein Mobilitätsnetzwerk für besonders qualifizierte Studierende und Wissenschaftler aus den Staaten des Westbalkans auf. Zielgruppen sind Bachelor- und Masterstudierende, Promotionskandidaten sowie Forscher, Dozenten und Fach- und Führungskräfte der Universitäten. Als Ergebnis des Projekts soll eine Partnerschaft in Forschung und Lehre insbesondere im Bereich IKT (Informations- und Kommunikationstechnologien) zwischen den beteiligten EU-Ländern und den Westbalkanländern aufgebaut und langfristig etabliert werden.

*Projektpartner: 20*

Das Projekt „Smart & Green Technologies for Innovative and Sustainable Societies in Western Balkans (GREEN TECH-WB)“ fördert die europäischen Hochschulen in ihrer Funktion als Exzellenzzentren in Lehre und Forschung im Gebiet der Umwelttechnologien (Green Tech). Die gesammelten Erfahrungen werden in die multiethnischen Staaten des Balkans transferiert. Dadurch wird ein besserer sozialer Zusammenhalt in der Westbalkanregion ermöglicht und das politische Bewusstsein geprägt. Die Durchführung dieses Projekts fördert die Integration der Westbalkanregion sowohl in den EU-Forschungs- und Hochschulraum als auch in den EU-Wirtschaftsraum.

*Projektpartner: 27*

 **Dipl.-Oec. Ahmet Mehic**  
E-Mail: Amehic@upb.de  
Telefon: +49 (0) 52 51 | 60 33 03

 Gefördert durch: Europäische Union

 [www.hni.upb.de/swt/projekte/amehic](http://www.hni.upb.de/swt/projekte/amehic)

## Project Commitment in the Western Balkan Region



For the past 20 years, the “Software Engineering” workgroup has successfully supported the development process of the tertiary education in the Western Balkan region. This year, the group is involved in four projects funded by the EU programmes Tempus and Erasmus Mundus. Besides other universities, business and interest groups as well as several ministries of education are also partners in these projects.

### Projects under the “Tempus” programme

The aim of the project “Benchmarking as a tool for improvement of higher education institution performance – BIHTEK” is the improvement of university management by “benchmarking” of the eight public universities in BiH. In particular, the specific analysis of existing benchmarking practice in higher education in the EU countries shall lead to customised processes for Bosnia and Herzegovina and shall be deployed at all universities. The additional focus also lies on cooperation with the private sector, such that the dissemination of the project results can be achieved and their sustainability is possible.


*Project partners: 18*

The objective of the project “Bosnia and Herzegovina Qualification Framework for Higher Education – BHFQFHE” is to improve the transparency and transferability of qualifications of BiH universities in the EU “education market”. In addition, the connection between the local universities and the labour market will be expanded through the development and implementation of national qualifications frameworks for higher education, according to the requirements of the European Qualifications Framework (EQF) and the European Qualifications Framework for Higher Education (EQFHE). For this purpose, the institutional resources at six public universities, ministries of education, and accreditation agencies have been set up and a national BHFQFHE model has been developed and implemented. The collection and assessment of learning outcomes and the development of sectorial descriptors are the further sub-goals of the project preceding the overall objective.

*Project partners: 21*



Tempus-Projekt „BHFQFHE“: Kick-off-Meeting in Paderborn  
Tempus project “BHFQFHE”: Kick-off-Meeting in Paderborn

 **Dipl.-Oec. Ahmet Mehic**  
E-mail: Amehic@upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 33 03

 Supported by: European Union

 [www.hni.upb.de/en/swt/projects/amehic](http://www.hni.upb.de/en/swt/projects/amehic)

### Projects under the programme “Erasmus Mundus”

The project “European Research and Educational Collaboration with Western Balkans-EUROWEB +” builds a mobility network for highly qualified students and scholars from the countries of the Western Balkans. Target groups are the bachelor’s and master’s degree students, doctoral candidates and researchers, lecturers, professionals, and managers of universities. As a result of the project, a long-term partnership in research and teaching in particular in the ICT sector (Information and Communication Technologies) is to be established between the participating EU countries and the Western Balkan countries.

*Project partners: 20*

The project “Smart & Green Technologies for Innovative and Sustainable Societies in Western Balkans (GREEN TECH WB)” promotes European universities for their role as centres of excellence in teaching and research in the field of environmental technology (Green Tech). The experience gained will be transferred to the multi-ethnic countries of the Balkan region, thus ensuring a greater social cohesion in the Western Balkan region and a well-shaped political consciousness. The implementation of this project promotes the integration of the Western Balkan region, both in the EU research and higher education area and in the EU economic area.

*Project partners: 27*

## Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“

### Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0

Der Wandel zur Industrie 4.0 wirft die Frage auf, welche zukünftige Rolle dem menschlichen Mitarbeiter in einem System hochgradig vernetzter Produktionsanlagen zukommt. Sind Mitarbeiter nur noch Marionetten, deren Arbeitszeiten und Privatsphäre durch Cyber-Physical Systems vorbestimmt werden? Oder bergen die Produktionssysteme der Zukunft auch Chancen auf flexible Arbeitswelten, in denen System und Mensch im Einklang miteinander stehen?

#### Industrie 4.0

Mit der Industrie 4.0 werden vielfältige Erwartungen verknüpft, von der Effizienzsteigerung durch flexible Vernetzung der Produktionsanlagen über Unternehmensgrenzen hinweg, bis hin zur maßgeschneiderten Fertigung von Produkten der Losgröße 1. Gerade für mittelständische Unternehmen stellt der Wandel zur Industrie 4.0 bei gleichzeitiger Sicherung der Konkurrenzfähigkeit jedoch auch eine gewisse Herausforderung dar. Und auch für die Mitarbeiter tut sich die Frage auf, inwiefern die Arbeitswelten durch den Einzug von Cyber-Physical Systems in die industrielle Produktion beeinträchtigt werden. Mit der Gestaltung dieser zukünftigen Arbeitswelten zugunsten der menschlichen Mitarbeiter befassen sich seit November 2014 Doktorandinnen und Doktoranden der Universitäten Bielefeld und Paderborn. Das NRW-Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“ basiert auf einer interdisziplinären Kooperation der beiden Hochschulen unter Beteiligung von Geistes- und Ingenieurwissenschaften sowie Einbindung von Branchenverbänden, Gewerkschaften und Industriepartnern.

#### Anforderungsorientiertes Systems Engineering


Die Fachgruppe „Softwaretechnik“ ist maßgeblich am Themengebiet 3 des Fortschrittskollegs mit dem Titel „Anforderungsorientiertes Systems Engineering“ beteiligt. Zielsetzung ist dabei die Entwicklung einer fachdisziplinübergreifenden Entwurfsmethodik für Cyber-Physical Systems, die bestimmten Kernanforderungen der Industrie 4.0 gerecht wird. Eine wich-

tige Klasse von Anforderungen stellt dabei die Datensicherheit dar, die aufgrund der flexiblen Vernetzung von Unternehmen unter neuen Aspekten betrachtet werden muss. So muss bereits im Entwurfsprozess industriell eingesetzter Cyber-Physical Systems sichergestellt sein, dass trotz der Vernetzung der Systeme keine personenbezogenen Mitarbeiterdaten oder Betriebsgeheimnisse unautorisiert weitergegeben werden. Erschwert wird ein solcher Nachweis durch die hochgradige Flexibilisierung der Produktion in der Industrie 4.0. Geschäftspartner wie z. B. Zulieferer, mit denen ein Betrieb innerhalb des Produktionsprozesses interagiert, sind nicht von vornherein bekannt und können sich je nach aktueller Marktsituation zu jedem Zeitpunkt ändern. Diese zunehmende Verschmelzung der Systemgrenzen stellt eine Herausforderung in Bezug auf die Zertifizierung der Datensicherheit dar.

#### Nachverfolgbarkeit von Sicherheitsanforderungen

Schlüssel zum Erfolg bei der Sicherstellung von Anforderungen, wie z. B. der Datensicherheit, ist dabei eine nahtlose Nachverfolgbarkeit über den kompletten Entwurfsprozess hinweg. Basierend auf einer disziplinübergreifenden Anforderungsspezifikation müssen sämtliche Entwurfsartefakte so in Bezug zueinander gesetzt werden, dass ein schlüssiger Nachweis der spezifizierten Anforderungen durch disziplinspezifische Analysemethoden erbracht werden kann. Um Sicherheitsanforderungen nachweisen zu können, wird innerhalb der Fachgruppe „Softwaretechnik“ eine Analyse entwickelt, mithilfe derer unzulässige Informationsflüsse innerhalb von Softwarearchitekturen identifiziert werden können. Schwachstellen von Cyber-Physical Systems im Umgang mit der Datensicherheit können somit bereits zu einem frühen Zeitpunkt des Entwurfsprozesses entdeckt werden. Im Anwendungskontext der Industrie 4.0 kann somit ein essenzieller Beitrag zur Wahrung der Privatsphäre von Mitarbeitern geleistet werden, ohne dass ein Betrieb Einbußen bei der Vernetzung und der Beteiligung an den Erfolg versprechenden Märkten der Industrie 4.0 hinnehmen muss.

 **M.Sc. Christopher Gerking**  
E-Mail: Christopher.Gerking@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 33 07

 Gefördert durch: Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen  
Projektpartner: Universität Bielefeld, Universität Paderborn, Spitzencluster it's OWL, Technologieberatungsstelle beim DGB NRW, IG Metall NRW, Energie Impuls OWL

 [pace.uni-paderborn.de/studienprogramme/fsk-gfa.html](http://pace.uni-paderborn.de/studienprogramme/fsk-gfa.html)

## PhD Programme “Design of flexible Work Environments”

### Human-Centric Use of Cyber-Physical Systems in Industry 4.0

The transition towards Industry 4.0 raises the question of which future role belongs to the human employees in a system of highly interconnected production plants. Are the employees only “marionettes” whose working hours and privacy are predetermined by cyber-physical systems? Or do future production systems also involve opportunities for flexible working environments in which systems and humans work in unison?


#### Industry 4.0

Diverse expectations are linked with the Industry 4.0, from the increased efficiency through the flexible interconnection of production plants across company boundaries, to customised manufacturing of products with batch size 1. However, the transition to Industry 4.0 also represents a certain challenge when it comes to the protection of competitiveness, especially for medium-sized companies. And also for the employees, the question arises of how the working environments will be affected by the entry of cyber-physical systems into the industrial production. Since November 2014, PhD students from the Universities of Bielefeld and Paderborn deal with the design of these future working environments in favour of the human employees. The PhD programme “Design of Flexible Work Environments” is based on an interdisciplinary collaboration between the two universities including humanities and engineering, as well as the integration of industry associations, trade unions, and industrial partners.


#### Requirements-oriented Systems Engineering

The “Software Engineering” workgroup is significantly involved in the subject area 3 of the PhD programme called “Requirements-oriented Systems Engineering”. The ambition is the development of a discipline-spanning design methodology for cyber-physical systems, meeting certain core requirements of Industry 4.0. Security represents an important class of requirements that need to be considered from a new angle due to the flexible interconnection of companies. During the design process of industrially used cyber-physical systems, it must be ensured that no personal staff data or company secrets are passed on without authorisation, despite the interconnection between systems. Giving this evidence is complicated by the high degree of productional flexibilisation in Industry 4.0. Business partners such as suppliers, interacting with a company during the production process, are not known from the outset and may change at any time depending on the current market situation. This increased blurring of the system boundaries is a challenge with respect to the certification of security.

 **M.Sc. Christopher Gerking**  
E-mail: Christopher.Gerking@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 33 07

 Supported by: Ministry of Innovation, Science and Research of the state of North Rhine - Westphalia

Project partners: University of Bielefeld, Paderborn University, Leading-Edge Cluster it's OWL, Technologieberatungsstelle beim DGB NRW, IG Metall NRW, Energie Impuls OWL

 [pace.uni-paderborn.de/studienprogramme/fsk-gfa.html](http://pace.uni-paderborn.de/studienprogramme/fsk-gfa.html)

#### Traceability of Security Requirements

The key to success in ensuring requirements such as security is a seamless traceability across the entire design process. Based on a discipline-spanning requirements specification, all design artefacts must be linked in such a way that conclusive evidence of the specified requirements can be given by discipline-specific analysis methods. In order to prove security requirements, the “Software Engineering” workgroup develops an analysis to identify the illegitimate flow of information within software architectures. Vulnerabilities of cyber physical systems in terms of security can, therefore, be detected already at an early stage of the design process. In the application context of Industry 4.0, the analysis provides an essential contribution to the protection of the employees’ privacy, without forcing the companies to reduce their interconnection and participation in the promising markets of the Industry 4.0.



»» Forschung und Sport haben für mich zwei Gemeinsamkeiten.  
Man muss immer bereit sein sich weiterzuentwickeln,  
aber erfolgreich ist man nur im Team. ««

»» Research and sports have two commonalities for me.  
One must always be willing to evolve,  
but only a team achieves success. ««

---

## Christopher Gerking

M.Sc.  
Softwaretechnik

---

Aufgewachsen im westfälischen Bünde, erinnere ich mich noch heute gut an meine Jugendzeit, in der Computer in meinem Umfeld noch als eine Art „Hexenwerk“ angesehen wurden. Natürlich hat sich dieses Bild inzwischen grundlegend gewandelt. Durch den Schulunterricht wurde ich herangeführt an die Softwareentwicklung und war schnell fasziniert von der Möglichkeit, auch ohne handwerkliches Talent nützliche Lösungen erstellen zu können, die zudem noch wiederverwendbar sind. Auf die Frage nach der beruflichen Zukunft war somit sehr schnell die Antwort gefunden, das Informatikstudium an der Universität Paderborn aufzunehmen. Dort fasste ich Fuß in der Fachgruppe „Softwaretechnik“ und absolvierte hier nicht nur sämtliche Abschlussarbeiten, sondern nahm auch gerne die Möglichkeit wahr, mich als Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut weiter in Forschung und Lehre zu engagieren.

Inzwischen besetze ich eine Promotionsstelle am NRW-Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“ und beschäftige mich im Rahmen meines Promotionsprojektes mit den vielfältigen Anforderungen, die der Wandel zur Industrie 4.0 an den Entwurf und die Entwicklung von intelligenten technischen Systemen stellt. Die flexible Vernetzung von Produktionsanlagen der Zukunft wirft auch Fragen hinsichtlich der Sicherheit von geistigem Eigentum und personenbezogenen Mitarbeiterdaten auf. Mein Promotionsvorhaben befasst sich daher mit der nachweislichen Korrektheit der Systeme im Hinblick auf solche Datensicherheitsanforderungen, um unzulässige Informationsflüsse bereits auf der Ebene von Systemmodellen identifizieren und ausschließen zu können.

Abseits des Berufs ist seit meiner Kindheit der Handballsport ein wichtiger Bezugspunkt für mich, lange Zeit als Aktiver, aber seit diversen Knieverletzungen auch auf der Trainerbank. Dabei fasziniert mich die facettenreiche Arbeit an dem gemeinsamen Ziel, neue Entwicklungsschritte anzustreben und dadurch die Leistungsfähigkeit kontinuierlich zu steigern. Tatsächlich haben sich meine Erfahrungen im Mannschaftssport schon oft als wertvoll bei der Bewältigung von beruflichen Herausforderungen erwiesen, sowohl in Bezug auf die Wissensvermittlung im Bereich der Lehre als auch den Umgang mit komplexeren Forschungsfragen, die eine gewisse Hartnäckigkeit und Teamdenken voraussetzen. Für die Zukunft erhoffe ich mir, dass mich genau diese Aspekte auch weiterhin begleiten und meinen Berufsweg im Bereich der Softwaretechnik kennzeichnen werden.

---

## Christopher Gerking

M.Sc.  
Software Engineering

---

Having grown up in Bünde, Westphalia, I still have strong memories of my youth when my environment still considered computers as a kind of “sorcery”. Of course, this has now changed fundamentally. School education introduced me to software development, and I was quickly fascinated by the possibility of being able to create useful, even reusable solutions without craftsmanship. The decision on my future career, was therefore, very easily taken by choosing computer science at the Paderborn University as the field of my studies. There, I gained a foothold in the “Software Engineering” workgroup. I did not only complete all the theses here, but also gladly committed myself to the opportunity for further research and teaching as an employee at the Heinz Nixdorf Institute.

Now, I’m part of the PhD programme “Design of Flexible Work Environments” funded by the federal state of North Rhine-Westphalia. In the context of my doctoral project, I’m addressing the diverse requirements that the transition to Industry 4.0 imposes on the design and development of intelligent technical systems. The flexible interconnection of future production systems raises questions about the security of the intellectual property and personal data of employees. Therefore, my dissertation project deals with the proved accuracy of systems with respect to such security requirements in order to identify and exclude illegitimate information flow already at the level of system models.

Apart from my professional life, handball has been an important reference point for me since childhood, both as an active participant for a long time, but also as a coach since having suffered diverse knee injuries. I’m fascinated by the multifaceted work on the common goal of targeting new steps in the development, and thereby improving the performance continuously. In fact, my experiences in team sports have often proved to be valuable in addressing professional challenges, both in terms of knowledge transfer in the field of teaching, as well as dealing with complex research questions that require a certain tenacity and team spirit. For the future, I hope that these aspects will continue to accompany me and will further distinguish my career in the field of software engineering.

## Integrierte Schaltungen für Kommunikation und Sensorik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Die moderne Nano- und Mikroelektronik ermöglicht die Kombination von komplexen, digitalen Schaltungen, analogen Schaltungen und neuartigen Bauelementen auf einem Chip. Wir forschen an einer neuen Generation von extrem energieeffizienten intelligenten Systemen, in denen Mikrochips mit hoher Geschwindigkeit kommunizieren und ihre Umwelt durch Sensoren mit immer höherer Genauigkeit erkennen können.

E-Mail: [Christoph.Scheytt@hni.upb.de](mailto:Christoph.Scheytt@hni.upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 50

 [www.hni.upb.de/sct](http://www.hni.upb.de/sct)

## Integrated Circuits for Communications and Sensors

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Modern nano- and microelectronic technologies allow the combination of complex digital circuits, analogue circuits, and novel devices on a single chip. We conduct research for a new generation of extremely energy efficient intelligent systems in which microchips communicate with high speed and perceive their environment by sensors with an ever-higher precision.

E-mail: [Christoph.Scheytt@hni.upb.de](mailto:Christoph.Scheytt@hni.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 50

 [www.hni.upb.de/en/sct](http://www.hni.upb.de/en/sct)



## Fachgruppe Schaltungstechnik

Der ungebrochene revolutionäre Fortschritt der Nano-/Mikroelektronik ist eine wesentliche treibende Kraft für die Entwicklung innovativer technischer Produkte, Systeme und Anwendungen. Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ befasst sich mit dem Entwurf von integrierten Schaltungen und Systemen (digital, mixed-signal, analog/RF, Siliziumphotonik) für Anwendungen in den Bereichen Kommunikationstechnik und Sensorik.

Der Fortschritt in der Nano-/Mikroelektronik ermöglicht immer leistungsfähigere integrierte Schaltungen. Dabei geht die Entwicklung in zwei wesentliche Richtungen. Zum einen steigen durch die kontinuierliche Miniaturisierung der Transistoren Komplexität und Geschwindigkeit digitaler Schaltkreise, was zu einer starken Zunahme der Rechenleistung führt. Zum anderen gelingt es seit einigen Jahren, immer neue Bauelemente auf Siliziumchips zu integrieren, wie z. B. mikro-mechanische Sensoren, spezielle Hochfrequenztransistoren, optische Bauelemente oder etwa biologisch aktive Schichten (Biochips). Die Möglichkeit, komplexe digitale Schaltungen mit analogen Schaltungen und neuen Bauelementen auf einem Chip zu kombinieren, erlaubt es, ganz neue integrierte Systeme zu realisieren, die ihre Umgebung über Sensoren wahrnehmen, extrem wenig Strom verbrauchen und viel schneller Daten übertragen können.

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ befasst sich mit dem Entwurf integrierter Nano-/Mikroelektronischer Schaltungen für Kommunikation und Sensorik. Die Forschungsschwerpunkte sind:

### Integrierte Schaltungen zur digitalen Kommunikation mit hohen Datenraten

Hohe Datenraten zwischen Chips (Chip-to-Chip-Kommunikation) und in der Glasfaserkommunikation mit 10 bis mittlerweile über 100 Gigabit pro Sekunde erfordern sehr schnelle Schaltungen bei niedrigem Energieverbrauch. Hierfür sind spezielle Schaltungstechniken und digitale Modulationsformate erforderlich. Zukünftige Opto-Elektronische Chips (OEICs), basierend auf neuesten Siliziumphotonik-Technologien, versprechen sogar noch höhere Datenraten, da sie sehr schnelle optische Verbindungen z. B. zwischen Prozessoren und Speicher ermöglichen.

### Entwurf integrierter multifunktionaler Systeme

Die Integration von digitalen Schaltkreisen mit analogen, optischen, sensorischen und anderen Funktionen ermöglicht multifunktionale integrierte Systeme. Dies stellt hohe Anforderungen an die Modellierung von Bauelementen und Signalen und erfordert neue Entwurfsmethoden und -werkzeuge.

### Höchstfrequenz-Funk-Chips für Kommunikation und Sensorik

Die sehr kleinen Abmessungen moderner Siliziumtransistoren und spezielle Hochfrequenztransistoren erlauben es, dass Siliziumchips auch bei Frequenzen bis über 100 GHz zuverlässig arbeiten. Diese extremen Frequenzen stellen allerdings hohe Anforderungen an den Schaltungsentwurf und die Bauelementmodellierung. Die Einsatzgebiete dieser Chips sind beispielsweise die drahtlose Kommunikation mit sehr hohen Datenraten, Bewegungs- und Abstandssensorik oder Sensorik mittels Spektrometrie.

### Energieeffiziente Funk-Chips

Ein wichtiges Ziel in der Funkkommunikation ist eine möglichst hohe Batterielebensdauer. Dies gilt beispielsweise für einen Temperatursensor, der die Heizkörpertemperatur drahtlos an einen zentralen Verbrauchszähler überträgt. Innovative Konzepte zur Funkkommunikation und hocheffiziente Funk-schaltungen könnten in Zukunft ohne Unterbrechung über zehn Jahre Batterie-Lebensdauer oder sogar ein „Zero-Power“-Radio erlauben, das seine Energie ausschließlich aus der Umwelt bezieht. Eine energieeffiziente und wartungsarme Vernetzung ist eine wichtige Voraussetzung für alle intelligenten technischen Systeme von morgen.

## Workgroup System and Circuit Technology

The still ongoing revolutionary progress in nano-/microelectronic technologies is the driving force for the development of new technical products, complex systems, and innovative applications. Research in the our workgroup focuses on the design of integrated circuits and systems for communication and sensor applications. Our competencies are in the design of digital, mixed-signal, analogue/RF electronics, and silicon photonics.

The progress of nano-/microelectronic technologies enables integrated circuits with continuously increasing capabilities. This evolution follows two main paths. On the one hand, the complexity and speed of digital circuitry is increased by means of miniaturisation of integrated transistors resulting in a significant increase in computing power. On the other hand, in recent years more and more novel functions and devices have been integrated into silicon, such as micro-mechanical sensors, special high-frequency transistors, optical devices, or biologically active layers (biochips). The possibility of combining complex digital processors with analogue circuitry and novel functions on one chip allows the realisation of a new generation of integrated systems. They allow the perception of the environment via sensors, dissipation of very low power, and a much faster data transmit.

The “System and Circuit Technology” workgroup conducts research in the area of integrated nano-/microelectronic circuits for communication and sensors with focus on the following topics:

### Integrated Circuits for High-Data-Rate Communication

In fibre optic communications and communication between microchips (Chip-2-Chip communication), it is possible to achieve line rates between ten and more than 100 Gigabit per second. These high data rates require very fast electronics with high-energy dissipation, which in turn requires special circuit design techniques and appropriate modulation formats. Future Opto-Electronic ICs (OEICs) based on most recent silicon photonics technologies will even enable higher data rates through extremely fast optical connections between processors and memory, for instance.

### Design of Integrated Multi-Functional Systems

The integration of digital circuits with analogue optical sensing and other functions enables multi-functional integrated systems. This creates challenges for the modelling of both devices and signals, and requires new design methodologies and tools.

### Ultra-High-Frequency Wireless Chips for Communication and Sensors

Small dimensions of today’s silicon transistors and the availability of special high-frequency transistors give operating frequencies of up to more than 100 GHz. Those extreme frequencies pose a considerable challenge for high-frequency circuit design and device modelling. Applications for the chips are, for example, wireless communication at very high data rates, motion and distance sensors as well as spectroscopic sensors.

### Energy-Efficient Wireless Chips

An important target in wireless communication is to achieve an as long as possible battery lifetime. This is, for example, required by a temperature sensor, which reports the radiator temperature to a central wireless metering unit. Future concepts in wireless communication and ultra-low-power wireless radios will presumably reach battery lifetimes of ten years or longer. A “zero-power-radio” could also run entirely on energy provided by the environment, which would allow for unlimited operation with reduced maintenance efforts. As such, energy-efficient networking with a minimum of maintenance and energy dissipation is an important prerequisite for the intelligent systems of tomorrow.

## Radarsensoren für autonome Fluggeräte

### Entwicklung eines 122GHz-Radarmoduls

Die Bedeutung von Hochpräzisionssensoren, Sensor-Arrays und die allgemeine Sensorfusion erfreut sich steigenden Interesses im Bereich der wissenschaftlichen Forschung und in der Anwendung von autonomen Fahrzeugen und Flugzeugen. Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ entwickelt momentan ein hochintegriertes Radarmodul als Sensor zur Anwendung für einen Multicopter der AirRobot GmbH.


In naher Zukunft wird eine steigende Anzahl von autonomen Geräten zur Fortbewegung, Überwachung und in der Haustechnik kostengünstige Möglichkeiten zur Erfassung von Lokalisierungsdaten benötigen. Die Verwendung von Radarsensoren mit sehr hohen Sende-/Empfangsfrequenzen bei mehr als 100 GHz bietet eine ideale Lösung für diese Art von Anwendungen, da Radarantennen sehr kleine Abmessungen aufweisen und daher einfach in Chips integriert werden können, was den Bau von sehr kleinen Systemen erlaubt. Diese Systeme eröffnen die Möglichkeit, kostengünstig Geschwindigkeiten und Entfernungen schnell zu messen, nahezu ohne Einfluss von Umweltbedingungen wie Regen, Nebel und unterschiedlichen Lichtverhältnissen.


#### Miniatur-Radarmodul für autonome Fluggeräte

In Zusammenarbeit mit unseren Projektpartnern wurde 2015 ein Prototyp für ein miniaturisiertes 122GHz Radarsystem entwickelt. Der Fokus bei dieser Entwicklung war zum einen die Miniaturisierung und zum anderen die Ermittlung von Geschwindigkeit und Entfernung von Zielobjekten direkt in Echtzeit im Sensormodul. Der aktuelle Prototyp wurde mit einer Starrflex-Platine gefertigt und hat eine Gesamtabmessung von 30x30x10 mm. Das System beinhaltet einen CORTEX M4 Rechenkern, dessen Integration eine der Herausforderungen bei der Miniaturisierung war. Hierdurch ist das System in der Lage, die Daten von dem Radar direkt auf der Platine zu verarbeiten, ohne die Notwendigkeit eines zusätzlichen externen PCs. Dennoch unterstützt der Starrflex-Prototyp für andere Anwendungen mehrere Standardprotokolle wie USB2.0 und CAN. So können in zukünftigen Anwendungen mehrere Radarmodule z. B. zur 3-D-Bildrekonstruktion zusammenschaltet werden.

#### Kooperationen und zukünftige Anwendungen

Die Miniaturisierung des Radarmoduls im Zuge des Starrflex-Prototyps eröffnete neue Möglichkeiten für zukünftige Anwendungen und führte zu einem steigenden Interesse für das Projekt seitens der Industrie. Konkret sind aktuelle Kooperationen mit Fraunhofer IPT und dem Politecnico di Milano, Italien, initiiert. Andere mögliche zukünftige Anwendungen für diese Radartechnik liegen im Bereich von aktiven Stoßdämpfern für Fahrzeuge, medizinische Überwachungen, Flugsteuerung und bei Industrieautomatisierungssystemen. Ferner wird derzeit untersucht, wie die Projektergebnisse in die Lehre einfließen können wie z. B. die Durchführung einer Projektgruppe zum automatischen Start und zur Landung von UAVs (Unmanned Aerial Vehicles).

 **M.Sc. Federico Nava**  
E-Mail: fnava@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 52

 Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
Projektträger: AiF Projekt GmbH  
Projektpartner: AirRobot GmbH, PKTEC GmbH, Silicon Radar GmbH, IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

 [www.hni.upb.de/sct](http://www.hni.upb.de/sct)

## Radar Sensors for Autonomous Aircrafts

### Development of a 122 GHz Radar Module

The importance of high precision sensors, sensors-arrays and sensor fusion technologies are of rising interest in the field of scientific research for applications in autonomous vehicles and aircrafts. The “System and Circuit Technology” workgroup is developing a design for a highly integrated radar module as a sensor for a Quadcopter of the AirRobot GmbH.

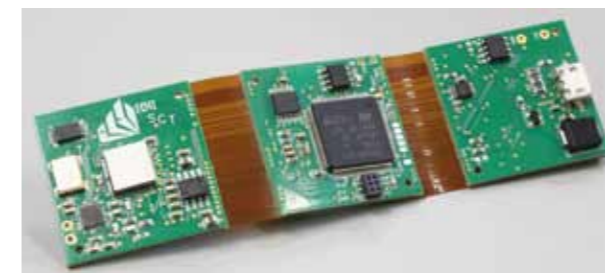
#### Radar Sensors

In the near future, an increasing number of autonomous devices for locomotion, surveillance, and domotics, will require inexpensive ways to provide accurate localisation information to these systems.


The use of ultra-high frequency radars provide an excellent solution for this kind of applications: high frequency radar antennas are very compact and can be easily integrated in chip packages allowing the construction of very small systems. These systems can provide a way to inexpensively measure velocity and distance with fast data rates and with almost no influence from environmental conditions such as rain, fog, and light variation.


#### Radar Module for Autonomous Aircrafts

In collaboration with our project partners a prototype for a 122 GHz miniaturised radar system has been developed during 2015. The focus of the development of that prototype was on the achievement of a small form factor, the possibility to measure velocity and distance of target objects at a distance of several metres and the capability to elaborate the data directly on-board. The current design of the prototype is based on rigid-flex PCB technology allowing the creation of a system with a total dimension of 30x30x10 mm. The system integrates a



Radarsystem in Starrflex-Technologie  
Radar System in Rigid-Flex Technology

 **M.Sc. Federico Nava**  
E-mail: fnava@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 52

 Supported by: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy  
Project manager: AiF Projekt GmbH  
Project partners: AirRobot GmbH, PKTEC GmbH, Silicon Radar GmbH, IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

 [www.hni.upb.de/en/sct](http://www.hni.upb.de/en/sct)

CORTEX M4 computing core, which imposed several challenges in the course of the miniaturisation. This allows the system to be able to process the data from the radar directly on board, without the necessity of an external PC. However, the rigid-flex prototype also includes the possibility for other applications, to directly connect the system using several additional standard protocols such as USB2.0 and CAN. In future applications radar modules can be connected to arrays for 3D image reconstruction, for instance.

#### Cooperation and Future Applications

The achievement of such a small factor for the radar demonstrator through the rigid-flex prototype gave new opportunities for future applications and resulted in a rising interest from industries in the project. Concrete collaborations are currently initiated with Fraunhofer IPT and Politecnico di Milano, Italy. Other potential applications for such a radar technology are in active dumping systems for vehicles, medical monitoring, flight control, and industrial automation systems. Internal didactical applications are currently under investigation like student groups for automated takeoff and landing of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles).

## Virtuelles Prototyping elektronischer Systeme

### Schnelle Simulation der TriCore™-Befehlsatzarchitektur

Aktuelle Sicherheitsstandards wie z. B. ISO 26262 enthalten Vorschriften, die von Beginn an im Entwicklungsprozess eingebetteter elektronischer Systeme berücksichtigt werden müssen. Virtuelles Prototyping ist eine mittlerweile weitverbreitete sehr effiziente Technologie zur funktionalen Simulation zur Verifikation der funktionalen Sicherheit komplexer eingebetteter heterogener elektronischer Systeme.

#### Funktionale Sicherheit eingebetteter Systeme

Komplexe vernetzte eingebettete elektronische Systeme finden sich in verschiedenen Anwendungen wie Automobilen, Flugzeugen und in der Industrieautomatisierung. Sie können aus Hunderten Teilsystemen bestehen, wobei jedes einzelne davon aus einer Vielzahl von gemischt digitalen/analoge Hardware- und Software-Komponenten zusammengesetzt sein kann. Sicherheitsstandards wie ISO 26262 (Road Vehicles), DO-254 (Airborne Systems) und EN ISO 13849-1 (Machinery) schreiben Entwurfsregeln und Verifikationsmethoden für verschiedene Sicherheitsklassen vor, die das Risiko für Leib und Leben von Menschen während ihres Betriebs begrenzen. Die Verifikation durch funktionale Simulation stellt aber aufgrund der enormen Komplexität dieser Systeme eine echte Herausforderung dar.


#### Virtuelles Prototyping elektronischer Systeme

Im Entwurf elektronischer Systeme steht der Begriff des Virtuellen Prototyping für eine neue Generation von beschleunigten Befehlsatzsimulatoren (Instruction Set Simulators – ISS), basierend auf Just-in-time-Kompilierung, die binäre Software auf (virtuellen) Modellen der zugrunde liegenden Zielhardware ausführen. Diese Technologie wurde in den letzten Jahren immer populärer, da sie im Vergleich zu klassischen Befehlsatzsimulatoren die Simulationsgeschwindigkeit um etwa den Faktor 100 beschleunigt, sodass mittlerweile Virtual-Prototyping-Umgebungen von allen größeren EDA-Werkzeuganbietern wie Cadence Design Systems, Mentor Graphics und Synopsys zur Verfügung stehen. Gleichzeitig wurden Open-Source-Alternativen wie OVP (Open Virtual Platform) und QEMU (Quick EMUlator) mit vergleichbarer Geschwindigkeit und Stabilität verfügbar.

#### Open-Source-Implementierung des TriCore™-Befehlsatzes

QEMU ist ein Open-Source-Software-Emulator, der die sehr schnelle Ausführung von einer großen Anzahl von Mikrocontroller-Architekturen mit Fokus auf x86, ARM und PowerPC unterstützt. Leider wurde der weitverbreitete TriCore™-Befehlsatz, der in den Prozessorkernen von AURIX™- und AUDO™-Serien von Infineon Anwendung findet, bis 2014 nicht unterstützt. Wir initiierten die Implementierung des TriCore™-Befehlsatzes innerhalb des QEMU-Open-Source-Projektes und bekamen 2014 den offiziellen Maintainer-Status für diese TriCore™-Implementierung.

Unsere Studien zeigen, dass unsere Implementierung eine äußerst attraktive Alternative zu verfügbaren Werkzeugen bildet, da sie im Vergleich zum offiziellen TSIM-Simulator von Infineon zu bis über 1000-fach schnelleren Ausführungsgeschwindigkeiten führt. Im Jahr 2015 konnten wir die Implementierungen der kompletten TriCore™-Befehlsätze v1.3.1 und v1.6.1 abschließen, die jetzt in der offiziellen QEMU-Version 2.4 seit August 2015 der allgemeinen Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. In diesem Zuge wurden wir als einer der Top15 QEMU-Maintainer zur LinuxCon 2015 (Seattle WA, USA) zur Koordination zukünftiger Open-Source-Strategien eingeladen. Die Arbeit wird im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Effektiv-Projekts im Auftrag der Infineon Technologies AG durchführt.

 **Dr. Wolfgang Müller**  
E-Mail: Wolfgang.Mueller@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 52

 [www.hni.upb.de/sct](http://www.hni.upb.de/sct)

## Virtual Prototyping of Electronic Systems

### Fast Simulations of the TriCore™ Instruction Set Architecture

Current safety standards like ISO 26262 define rules, which have to be followed right from the beginning of the design process of embedded electronic systems. Virtual prototyping became a widely accepted technology for the functional simulation in the course of functional safety verification for complex heterogeneous electronic based embedded systems.

#### Functional Safety of Embedded Electronic Systems

Complex network-based embedded electronic systems can be found in several applications like road vehicles, airborne systems, and industrial automation. They are composed of up to hundreds of subsystems where each of them may embed a variety of mixed digital/analogue hardware and software components. Safety standards like ISO 26262 (road vehicles), DO-254 (airborne systems), EN ISO 13849-1 (machinery) prescribe design rules and verification methods for different safety levels, which limit the risk for humans' health and life during their final operation. However, due to their sheer complexity, their verification by functional simulation becomes a real challenge.

#### Virtual Prototyping of Electronic Systems

In the design of electronic systems, the notion of Virtual Prototyping stands for a new generation of accelerated instruction set simulators based on Just-in-Time compilation, which execute software binaries on (virtual) models of the underlying target hardware. Virtual prototyping technologies became quite popular in recent years as they accelerate simulation speeds roughly by a factor of 100x compared to classical instruction set simulation. Therefore, several virtual prototyping environments from the main EDA vendors like Cadence Design Systems, Mentor Graphics, and Synopsys are meanwhile available. At the same time, open source alternatives like OVP (Open Virtual Platform) and QEMU (Quick EMUlator) became available with a comparable speed and stability.



AUDO™-Mikrocontroller für Anwendung im Auto  
(Quelle: Infineon Technologies AG)  
AUDO™ Micro Controller for Automotive Application  
(Source: Infineon Technologies AG)



**Dr. Wolfgang Müller**  
E-mail: Wolfgang.Mueller@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 52



[www.hni.upb.de/en/sct](http://www.hni.upb.de/en/sct)

ping environments from the main EDA vendors like Cadence Design Systems, Mentor Graphics, and Synopsys are meanwhile available. At the same time, open source alternatives like OVP (Open Virtual Platform) and QEMU (Quick EMUlator) became available with a comparable speed and stability.

#### Open Source Implementation of the TriCore™ Instruction Set

QEMU is an open source code software emulator that supports the very fast execution of a large number of microcontroller architectures with focus on x86, ARM and PowerPC. Unfortunately, there was no implementation until 2014 of the widely available TriCore™ instruction set, which is applied in the processing cores of Infineon's AURIX™ and AUDO™ series. We initiated the implementation of the TriCore™ instruction sets and submitted it to the QEMU open source project, where we received the official QEMU maintainer status of the TriCore™ implementation in 2014.

Our studies demonstrated that our implementation is a quite attractive alternative to industrial tools as they indicated a more than 1000x faster execution speed compared to the Infineon TSIM simulator. In 2015, we finished the implementation of the complete TriCore™ v1.3.1 and v1.6.1 instruction sets, which are now both available in the official QEMU Version 2.4 release since August 2015. In this context, we were invited to the LINUXCON 2015 (Seattle, USA) as one of the Top15 QEMU maintainers for the coordination of future open source strategies. The work was funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) through the Effektiv-Project in cooperation with Infineon Technologies AG.

## Siliziumphotonik zur ultraschnellen Kommunikation

### Elektronisch-Photonische ICs im Rechenzentrum

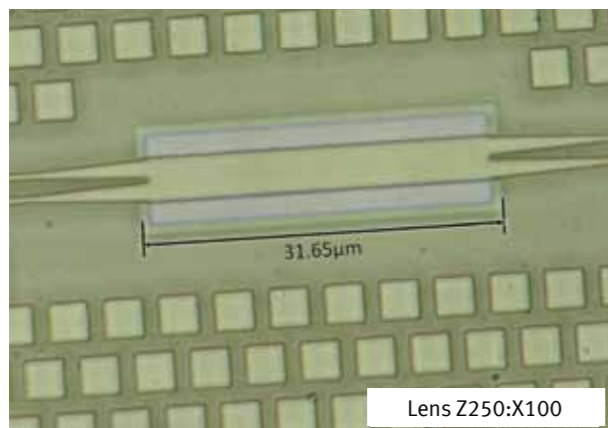
Siliziumphotonik ermöglicht es, komplexe elektronische Schaltungen mit optischen Bauelementen auf einem Silizium-Chip zu integrieren. Der gemeinsame Entwurf von optischen und elektronischen Schaltungen erfordert eine neue Entwurfsmethodik, die sich vom Entwurf rein elektronischer Schaltungen unterscheidet. Hierdurch wird es möglich sein, sehr leistungsfähige optische Kommunikationssysteme mit mehr als Hundert Gigabit/s zu realisieren.

#### Siliziumphotonik zur ultraschnellen energieeffizienten Kommunikation

Der Fortschritt in der Mikroelektronik – insbesondere bei Siliziumphotonik und System-in-Package-Technologien – ermöglicht die Realisierung von optischen Wellenleitern, Fotodetektoren, Modulatoren und anderen optischen Bauelementen auf Siliziumchips, wobei auch die optischen Eigenschaften von Silizium ausgenutzt werden. Diese optischen Bauelemente können zusammen mit komplexen digitalen und analogen Schaltungen auf einem Siliziumchip integriert werden und ermöglichen elektronisch-photonische ICs (Electronic Photonic Integrated Circuit – EPIC) auf Siliziumbasis. Anwendungen für EPICs gibt es in der Übertragung von digitalen Signalen für sehr schnelle Internetverbindungen, energieeffiziente Datenkommunikation in Supercomputern, optische Datenkabel (optical USB cable), aber auch bei hochempfindlicher Sensorik, z. B. für die Detektion von Bio-Molekülen oder Gasen.

#### Siliziumphotonik im Rechenzentrum

Die Geschäftsmodelle der großen Internetdienstleister wie Amazon und Google basieren auf dezentralen Rechenzentren, die gezwungen sind, sich der stetig wachsenden Datenflut und den Bedürfnissen neuer Dienstleistungen anzupassen. Im Gegenzug herrscht in der Infrastruktur ein Trend zur



Chip-Foto eines 2x2-Kopplers für optische Signale  
Chip-Photograph of a 2x2 Coupler for Optical Signals



Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt  
E-Mail: Christoph.Scheytt@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 50



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektträger: VDI Technologiezentrum GmbH

Projektpartner: ADVA Optical Networking SE, AEMtec, FCI Deutschland GmbH, Finetech, Fraunhofer HHI, Fraunhofer IZM, IHP & IHP Solutions GmbH, Ranovus, Sicoya, TU Berlin, Vertilas



[www.hni.upb.de/sct](http://www.hni.upb.de/sct)

getrennten Bündelung von Rechen- und Speicherressourcen, was sehr schnelle Kommunikationsverbindungen bis zu mehreren Hunderten von Metern zwischen den Komponenten erfordert. In der Standardisierung wird hierzu mit IEEE P802.3bs bis 2017 die Grundlage für die Einführung des 400-Gbps-Ethernets (400 GbE) geschaffen. Es ist somit zu erwarten, dass aktuelle 40-GbE-Verbindungen sehr bald zu Geschwindigkeiten von 400 GbE migrieren werden. Siliziumphotonik scheint hier als Technologie die geeignet schnellen und energieeffizienten Lösungen zu bieten.

#### Das SPEED-Projekt

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts SPEED (Silicon Photonics Enabling Exascale Datanetworks) arbeitet die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ mit elf anderen Partnern an der Entwicklung elektronisch-photonischer ICs auf Siliziumbasis für hochbitratige optische Transceiver. Die Leistungsfähigkeit der Plattform wird exemplarisch anhand der Entwicklung zweier 400 Gb/s Transceivermodule demonstriert, die mit Surface-Mount-Technologie (SMT) direkt auf die Leiterplatten von Netzwerkgeräten montiert werden können (Board Mount Optical Engines – BMOEs).

## Silicon Photonics for Ultra-Fast Communication

### Electronic-Photonic ICs for Data Centres

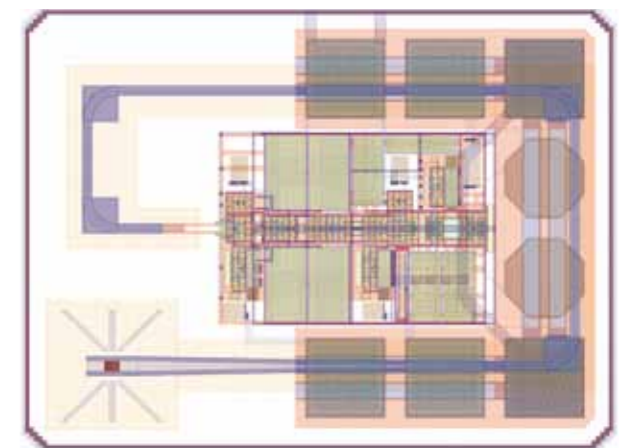
Silicon photonics allows the integration of complex electronic circuits and optical functions on a single silicon chip. The joint design of optical and electronic circuitry requires a new design methodology that is quite different from conventional electronic design. As such, silicon photonics will make ultra-fast and cost-efficient optical communications systems for several hundred Gigabit/s possible.

#### Silicon Photonics for Ultra-Fast Power-Efficient Communication

The current progress in microelectronic technology – namely Silicon Photonics and System-in-Package (SIP) technologies – will generate a new generation of integrated optical and electronic devices. In silicon photonics optical wave-guides, photo detectors, modulators and other optical devices can be realised on microchips, thereby exploiting the optical properties of silicon. Those optical devices can be integrated with complex digital and analogue circuits on a single chip and thus enable electronic photonic integrated circuits (EPICs). Applications of EPICs are in the transmission of digital signals in fast Internet links, energy-efficient data communications of supercomputers, short-range communications (optical USB cable) but also sensor applications such as the detection of biomolecules or gases.

#### Silicon Photonics for Data Centres

The business models of major Internet service providers such as Amazon and Google are based on decentralised data centres, which are forced to adapt to the ever-growing flood of data and the needs of new services. In contrast, there is a trend in the infrastructure for those centres for separate pooling of computing and storage resources, which requires very fast communication links up to several hundreds of metres between the components. In standardising the basis for the



Chip-Layout eines 40 Gb/s-Empfängers mit Direkt-Detektion in Siliziumphotonik-Technologie  
Chip Layout of a 40 Gb/s Direct Detection Receiver in Silicon Photonics Technology

introduction of 400 Gbps Ethernet (400 GbE) is created by IEEE P802.3bs until 2017. We can, therefore, expect that current 40GbE connections will soon migrate to speeds of 400 GbE. Silicon photonics appears to offer a suitably fast and energy-efficient solution.

#### The SPEED Project

In the framework of the BMBF funded SPEED (Silicon Photonics Enabling Exascale Data Networks) project, the “System and Circuit Technology” workgroup cooperates with 11 partners in the development of silicon based electronic-Photonic ICs for high bit rate optical transceivers. The performance of the platform will be demonstrated exemplarily by the development of two 400 Gbs transceiver modules that are mounted by SMT technology directly onto the circuit boards of the network devices (Board Mount Optical Engines – BMOEs).



Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt  
E-mail: Christoph.Scheytt@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 50



Supported by: Federal Ministry of Education and Research (BMBF)

Project management: VDI Technologiezentrum GmbH

Project partners: ADVA Optical Networking SE, AEMtec, FCI Deutschland GmbH, Finetech, Fraunhofer HHI, Fraunhofer IZM, IHP & IHP Solutions GmbH, Ranovus, Sicoya, TU Berlin, Vertilas



[www.hni.upb.de/en/sct](http://www.hni.upb.de/en/sct)



---

## Saed Abughannam

M.Sc.  
Schaltungstechnik

---

Mein Name ist Saed, ich bin in Bethlehem, Palästina, geboren. Mein Bachelor-Studium habe ich 2007 in Computer Systems Engineering an der Universität Birzeit in Ramallah abgeschlossen. Danach habe ich fast fünf Jahre auf dem Gebiet des Entwurfs und der Verifikation von digitalen Schaltungen sowie der Programmierung von eingebetteten Systemen gearbeitet, bevor ich mich im April 2012 entschied, an die Universität Paderborn zu kommen, um mein Masterstudium im internationalen MS-ESE-Programm Electrical Systems Engineering zu beginnen. Ich habe diesen Masterstudiengang gewählt, weil er viele interessante Themen bietet und die Universität Paderborn einen guten Ruf in den technischen Bereichen wie Elektrotechnik und Informatik hat.

Meine bisherige Berufserfahrung half mir während meines Masterstudiums, um eine Stelle als studentische Hilfskraft am Heinz Nixdorf Institut in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ zu finden. Hier war ich ab Juni 2012 für zwei Jahre in den Bereichen des Entwurfs von analogen und digitalen Schaltungen und der Installation und des Supports von EDA (Electronic Design Automation) Werkzeugen tätig. Während meiner Tätigkeit als studentische Hilfskraft lernte ich den Entwurf von analogen Schaltungen als sehr interessantes und aufregendes Gebiet kennen, speziell für Hochfrequenzanwendungen. Deshalb beschloss ich, meine Forschung in diesem Bereich zu vertiefen. Nach meinem Master-Abschluss im August 2014 bekam ich die Gelegenheit, meine Promotion innerhalb der Schaltungstechnik im Bereich des Entwurfs und der Fehlersimulation von Hochfrequenz-ICs-Design mit Fokus auf analoge Low-Power-Schaltungen zu starten. Zurzeit arbeite ich im Effektiv-Projekt an der Entwicklung von analogen Fehlermodellen und einer Methodik zur analogen Fehlersimulation. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und in Kooperation mit der Infineon AG und anderen Partnern durchgeführt. Als Teil meiner Arbeit helfe ich unter anderem Studierenden, die sich mit Entwurfsprojekten befassen. Diese Tätigkeit finde ich sehr nützlich, um meine Fähigkeiten in Bezug auf Lehre und Betreuung weiterzuentwickeln. Meine Arbeiten am Institut bieten hierdurch eine einzigartige Erfahrung, bei der die akademische Forschung gut durch industrielle Anwendung ergänzt wird, um sich in beiden Bereichen persönlich weiterzuentwickeln. Darüber hinaus bietet das Heinz Nixdorf Institut ein ideales multikulturelles Arbeitsumfeld, in dem Menschen unterschiedlicher Kulturen und Erfahrungen zusammenkommen, um Forschungsgebiete aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten.

---

## Saed Abughannam

M.Sc.  
System and Circuit Technology

---

My name is Saed, I was born in Bethlehem, Palestine. I completed my bachelor's degree in Computer Systems Engineering at Birzeit University in Ramallah in 2007. Thereafter, I worked for almost five years in the fields of digital circuits design and verification as well as in embedded systems programming before I decided to pursue my master's degree studies in the international Electrical Systems Engineering MS-ESE programme at Paderborn University in April 2012. I chose that master's degree programme because it offers several interesting topics, and Paderborn University has a good reputation in the technical fields, such as electrical engineering and computer science.

My previous working experience helped me during my master's degree studies to apply for a student assistant job at the Heinz Nixdorf Institute with the "System and Circuit Technology" workgroup. There, I worked for two years starting from June 2012 in the areas of analogue and digital circuits design and in EDA (Electronic Design Automation) tool installation and support. During my student assistant job, I found that analogue circuits design, in particular radio frequency applications, is very interesting and exciting. Therefore, I decided to continue research in that field. After finishing my master's degree studies in August 2014, I took the opportunity and joined that group starting my PhD research in the field of Radio Frequency Integrated Circuit (RFIC) design and fault simulation with a focus on low-power analogue circuits design and simulation. Currently, I am working in cooperation with Infineon Technologies AG in the Effektiv project on analogue fault models and a methodology for analogue fault simulation. The project is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and jointly with Infineon AG and other partners. As part of my work, I also supervise students who work on design projects in my group. I find that very useful as it further develops my teaching and supervision skills. Therefore, working at the Heinz Nixdorf Institute is a very unique experience where the academic research is well coupled with industrial applications, which develops personal experiences in both fields. Moreover, the Heinz Nixdorf Institute is an ideal multicultural working environment where people from different cultures and experiences get together and consider research fields from many different perspectives.

» Gutes Schaltungsdesign ist eine Korrelation zwischen theoretischen Konzepten und deinen persönlichen Ideen. «

» Good circuit design is a correlation between theoretical concepts and your personal touch. «

## 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 wie auch die Regelungssynthese und der Systemtest beruhen auf Modellen. Die Integration von Modellierung und Simulation 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) 5251 | 60 62 76

 [www.hni.upb.de/rtm](http://www.hni.upb.de/rtm)

 acatech

MITGLIED VON  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

## Design, Control, and Optimisation of Intelligent Mechatronic Systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Model-based design is an essential technology in the development of mechatronic systems. The specification of components such as actuators and sensors as well as controller synthesis and system tests are based on models. The integration of modelling and simulation in the design process is of vital importance in the development of intelligent mechatronic products.

E-mail: [Ansgar.Traechtler@rtm.upb.de](mailto:Ansgar.Traechtler@rtm.upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 76

 [www.hni.upb.de/en/rtm](http://www.hni.upb.de/en/rtm)

 acatech

MEMBER OF  
GERMAN AKADEMIE OF  
SCIENCE AND ENGINEERING

## Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik

In der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ wird fächerübergreifende Forschung an der Verbindungsstelle zwischen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik betrieben. Dazu gehören beim Entwurf neuer aktiver Systemgruppen mithilfe einer funktionalen Betrachtungsweise vor allem die systematische Einbindung, die Konzeption sowie die Bearbeitung verteilter Prozesse unter Echtzeitbedingung.

### 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 aufwendig 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 tief gehendes 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, sodass Mehrzieloptimierungsverfahren zum Einsatz kommen, die bestmögliche Kompromisseinstellungen liefern. Im Sonderforschungsbereich 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ haben wir leistungsfähige Verfahren entwickelt zum Entwurf von 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. Im Querschnittsprojekt „Selbstoptimierung“ des Spitzenclusters it's OWL führen wir diese Arbeiten weiter, insbesondere mit dem Ziel, die Selbstoptimierung für industrielle Anwendungen nutzbar zu machen.

## Workgroup Control Engineering and Mechatronics

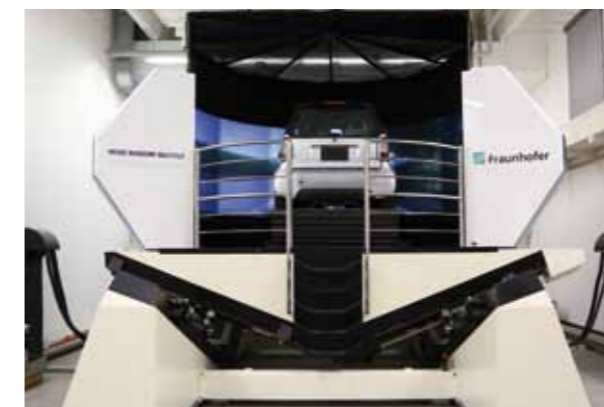
The “Control Engineering and Mechatronics” workgroup conducts interdisciplinary research at the interface between mechanical engineering, electrical engineering and information technology. The design of new active system groups by means of a functional approach includes systematic integration, conception and the operation of distributed processes under real-time conditions.

### Model Based Design and Optimisation of Intelligent Mechatronic Systems

The model-based design of mechatronic systems provides the basis for a computer-aided layout and an analysis of future products and their features, using a model created at an early design stage. Our aim is to increase the informative value of the models and of product features derived from the model in a way that will make it possible to significantly reduce the number of expensive tests on elaborate prototypes. Models can also be employed successfully in the operating phase e. g. in online diagnosis or condition-based monitoring. After all, models of dynamic behaviour are an indispensable element in the analysis, synthesis and optimisation of controls.

### Modelling and Analysis of the System Behaviour

The foundation of our work is a physically motivated modelling, which has the advantage that the models are transparent, extendable and provide deeper insights into the system. The challenge is to employ a modelling depth that is appropriate to the task, especially if the models have to fulfil real-time conditions. Often, a system requires several models with different levels of detail, or models that describe different aspects, e. g. dynamic behaviour (in control engineering), shape (CAD model), or an FE model to compute force-induced stress. We



Fahrsimulator für die Forschung  
Driving Simulator for Research

are working on methods that aim to give the models a certain consistency, for example, by means of index-reduction method. An important application of modelling methods is the design of mechatronic systems. Following analyses in the time and frequency domains, model-specific actuators and sensors that take the required features into account – such as bandwidth, maximum force, or input power – can be configured. Other features, such as weight or dimensions can then be derived from this specification. In addition to the individual components, the behaviour of the overall system, including control and software implementation, can be examined.

### Controller Design and Optimisation

The design of feedforward and feedback control systems is firstly a matter of obtaining a desired functional behaviour (quality of control, robustness). However, with complex hierarchical systems it is equally important to keep their complexity manageable by means of the control structure. Here, the use of cascaded control structures has proved its worth. Whereas decentralised, often single-loop controllers are used on the lower levels, multi-loop controllers are increasingly employed on the upper levels. The controllers can thus be put into operation “bottom-up”. As is the case with modelling, the control design also makes use of signal interfaces that can be interpreted physically. Optimisation methods provide a powerful tool for the design of controls. For this purpose, the design requirements have to be quantified to serve as quality criteria. As the different design requirements are usually to some extent contradictory, multi-objective optimisation methods that yield the best possible compromise must be applied. We developed powerful methods for the design of self-optimising controllers that are able to adapt themselves to changing objectives and aims. The methodology employed here is based on the multi-objective optimisation that runs online during operation in what is referred to as “soft real time”. In the cross-section project “Self-Optimisation” of the leading-edge cluster it's OWL we continue our research with the special focus on applying self-optimising control to industrial applications.

## Intelligenter Teigknetprozess

Zukünftige Knetmaschinen erleichtern Bäckern ihre Arbeit

Bei der maschinellen Herstellung von Teig werden Mehl, Wasser, Hefe etc. in einem Knetter durch eine Spirale verknetet. Da die Beschaffenheit der natürlichen Zutaten stark schwankt, muss der Zustand des Teiges bislang durch einen erfahrenen Bäcker kontinuierlich manuell überprüft werden, um eine optimale Qualität zu erzielen. Eine intelligente Knetmaschine soll dies künftig eigenständig entscheiden, um die Arbeit des Bäckers zu erleichtern.

### Simulationsmodelle des Knetvorgangs

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden beim Entwurf dieses intelligenten technischen Systems idealisierte Simulationsmodelle der Knetmaschine und des Knetvorgangs erstellt. Durch ein systematisches Vorgehen wurde die richtige Modellierungstiefe ermittelt. Die Modelle basieren auf Messungen, welche seitens der Projektpartner mithilfe eines eigens hierfür konzipierten Knetprüfstands aufgezeichnet wurden. Diese bilden neben den Messergebnissen die Grundlage für die Auslegung einer Sensorauswertung, welche zur Laufzeit Rückschlüsse auf den Teigzustand ziehen kann, sowie zum Entwurf einer intelligenten Informationsverarbeitung zur Steuerung des Knetprozesses.


### Sensorauswertung zur Teigzustandserkennung

Die Untersuchungen haben u. a. ergeben, dass Weizenteig während seiner Verarbeitung zu einem bestimmten Zeitpunkt maximalen Widerstand liefert. An diesem Punkt ist er fertiggestellt und sollte nicht weiter geknetet werden, da seine Struktur ansonsten wieder zerstört wird. Den Zeitpunkt während des laufenden Knetprozesses automatisch zu erkennen ist jedoch schwierig, weil sich zum einen die Teigeigenschaften stetig ändern und sich zum anderen eine variierende Menge Teig im Eingriff befindet. Daher wurden beispielsweise regelungstechnische Filter und modellbasierte Beobachter ausgelegt, die das gemessene Drehmomentsignal des Spiralantriebs von störenden Anteilen bereinigen und so das tatsächlich wirksame Drehmoment ermitteln.

### Entwurf einer intelligenten Informationsverarbeitung

Die Sensorauswertung ist zentraler Bestandteil einer intelligenten Informationsverarbeitung, die den Knetprozess auf Basis des aktuellen Teigzustands selbstständig führt. Außerdem berechnet die Informationsverarbeitung eine modellbasierte Prädiktion, um voraussagen, wann der Teig voraussichtlich fertig sein wird und welche Temperatur er dann haben wird. Diese Informationen können zur Steuerung weiterverarbeitender Prozesse genutzt werden. Hierbei darf die Teigtemperatur gerade im Fall von Hefeteigen nicht zu groß werden. Die entwickelten Methoden wurden in Form eines Technologie-Demonstrators in die Realität umgesetzt. Mit dessen Hilfe konnte die Funktionsfähigkeit der entwickelten Software nachgewiesen werden. Das Forschungsprojekt „Intelligenter und optimierter Teig-Knetprozess“ wurde im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL durchgeführt und hatte ein Projektvolumen von 1,1 Millionen Euro (348.000 Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung).

 **Dipl.-Ing. Felix Oestersötebier**  
E-Mail: Felix.Oestersoetebier@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 35

 Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Projektpartner: WP Kemper GmbH, Fachhochschule Bielefeld

 [www.hni.upb.de/rtm](http://www.hni.upb.de/rtm)

## Intelligent Kneading Process

Future Kneading Machines facilitate the baker's work

For machine driven production of dough, flour, water, yeast, and other ingredients are kneaded by a spiral. Since the properties of the natural ingredients vary widely, the state of the dough needs to be manually checked continuously by an experienced baker to achieve optimum quality. An intelligent kneading machine, which decides on its own, facilitates the bakers' work in the future.

### Simulation of the kneading process


To achieve this goal for the design of this intelligent technical system, idealised simulation models of the kneading machine and the kneading were created. By means of a systematic approach, the correct modelling depth was determined. The models are based on measurements which were recorded by the project partners using a specially designed test rig. The measurement results and the models provide the basis for the design of a sensor evaluation, which can draw conclusions about the state of the dough at runtime, as well as to design intelligent information processing for controlling the kneading process.


### Sensor evaluation

Investigations have shown that wheat dough provides a highest resistance at a given time during the process. At this point, it is finished and should not be kneaded longer; otherwise its structure is destroyed again. Automatically recognising this exact time within the ongoing process is difficult to do, because dough properties change continuously, and the amount of dough can vary. Therefore, control engineering filters and model-based observers have been designed to clear the torque signal of the spiral from disturbing proportions and to determine the actual effective torque.

### Design of an intelligent information processing

The sensor evaluation is a key component of intelligent information processing, which runs the kneading process based on the current state of the dough autonomously. In addition, the information processing calculates a model-based prediction to predict when the dough is expected to be finished and what temperature it will then have. This information can be used to control additional processes. Here, the dough temperature must not be too high in the case of yeast dough. The developed methods have been implemented into reality in the form of a technology demonstrator. With the aid of this, the functional capability of the developed software has been proven. The research project "Intelligent and optimised dough-kneading process" was carried out within the framework of the leading edge cluster it's OWL and had a project volume of EUR 1.1 million.

 **Dipl.-Ing. Felix Oestersötebier**  
E-mail: Felix.Oestersoetebier@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 35

 Supported by: Federal Ministry of Education and Research  
Project partners: WP Kemper GmbH, University of Applied Sciences Bielefeld

 [www.hni.upb.de/en/rtm](http://www.hni.upb.de/en/rtm)



Teigknetter-Prüfstand  
Kneading machine test-rig



## it's OWL Innovationsprojekt Scientific Automation

### Scientific-Automation-Anwendungsbeispiel: Parallelroboter auf Basis des Extended Transport System

Ziel des Innovationsprojekts „Scientific Automation“ (ScAut) ist eine Plattform für die Entwicklung und den echtzeitfähigen Betrieb technischer Systeme, wie z. B. Produktionsanlagen, mit inhärenter Teilintelligenz. Neben einer Entwicklungs- und Laufzeitumgebung sollen dem Anwender neuartige Verfahren, Technologien und Algorithmen in Form von Lösungselementen bereitgestellt werden.

Referenzarchitekturen und Entwicklungsplattform für ScAut-Systeme sowie neuartige Lösungselemente werden im Rahmen des Projekts anhand von Demonstratoren erprobt und validiert. Ein Anwendungsbeispiel ist dabei die Optimierung von Transportstrecken in Produktionsanlagen. Durchsatz und Flexibilität solcher Anlagen können verbessert werden, indem an Produkten während des Transports, z. B. auf einem Förderband, noch weitere Arbeiten durchgeführt werden. Am Lehrstuhl für Regelungstechnik und Mechatronik wurde dazu ein neuartiger schienengebundener Parallelroboter auf Basis des Extended Transport System (XTS) der Firma Beckhoff entwickelt.

#### Extended Transport System (XTS)

Beim XTS handelt es sich um ein lineares Transportsystem, mit dem beliebig viele Transportschlitten („Mover“) unabhängig voneinander entlang einer Strecke schnell und genau positioniert werden können. Die Mover selbst enthalten keine aktiven Komponenten und erreichen Geschwindigkeiten von über 4 m/s. Die maximale Beschleunigung beträgt dabei mehr als 100 m/s<sup>2</sup>. Die Strecke besteht aus einzelnen Linearmotormodulen, in die auch die benötigte Sensorik integriert ist. Durch die Kombination von geraden und gekrümmten Streckenmodulen können Kurven und sogar geschlossene Bahnen realisiert werden.



Ein XTS mit kooperierenden Movern (Quelle: Beckhoff Automation)  
One XTS with cooperating movers (Source: Beckhoff Automation)



Dipl.-Ing. Dirk Bielawny  
E-Mail: Dirk.Bielawny@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 63 40



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Projektpartner: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG



[www.hni.upb.de/rtm](http://www.hni.upb.de/rtm)

#### Parallelroboter auf Schienen

Für den ScAut-Demonstrator wurde das Konzept des XTS auf drei Dimensionen erweitert. Dazu werden insgesamt vier Mover auf zwei nebeneinander angeordneten Schienen über eine spezielle Gelenkstruktur mit einer Plattform verbunden. Relativbewegungen der Mover werden damit in translatorische Bewegungen übersetzt. Die Plattform kann so gezielt in allen drei Raumrichtungen positioniert werden. Ein solcher Parallelroboter kann beliebig entlang der XTS-Schiene bewegt werden, um Kurven und bei geschlossenen Strecken sogar „im Kreis“ fahren. Auch der Einsatz mehrerer Roboter gleichzeitig ist problemlos möglich und auch wirtschaftlich möglich, da es sich bei Movern, Plattform und Gelenken um günstige, rein mechanische Komponenten handelt.

#### Forschung und Anwendung

Der Demonstrator dient zur Erprobung der ScAut-Plattform und von ScAut-Lösungselementen, z. B. zur Schätzung unbekannter Systemgrößen, zur Koordination mehrerer Roboter oder für Optimierungsaufgaben. Durch die spezielle Struktur des Roboters (Verwendung von vier Movern bei drei möglichen Freiheitsgraden) können an dem System außerdem neue Ansätze zur Regelung sogenannter redundanter Parallelroboter erforscht werden. Mögliche praktische Anwendungen für ein solches System ergeben sich überall dort, wo viele Produkte während der Bewegung neu positioniert oder bearbeitet werden müssen, z. B. in der Lebensmittel- oder Verpackungsindustrie.

## it's OWL Innovation Project Scientific Automation

### Scientific Automation Demonstrator: A Parallel Robot Based on the Extended Transport System

The aim of the project “Scientific Automation” (ScAut) is a platform for the development and real-time operation of technical systems, e. g. production machines, with inherent partial intelligence. ScAut provides the user with a development and runtime environment as well as solution elements that implement state-of-the-art methods, algorithms and technologies.

As part of the project ScAut, technology demonstrators are used to validate and test development tools and reference architectures for Scientific Automation systems as well as new solution elements. One application example is the optimisation of transportation lines within production facilities. Throughput and flexibility of such systems can be improved by combining the transportation of products, e. g. on a conveyor belt, with handling or manipulation tasks. In the „Control Engineering and Mechatronics“ workgroup, we designed a new rail-bound parallel robot concept for this purpose. The robot is based on the Extended Transport System (XTS) developed by Beckhoff Automation.

#### Extended Transport System (XTS)

The XTS is a linear transport system which allows precise high speed positioning of multiple movers along a track. The movers themselves contain no active components and reach velocities of about 4 m/s and accelerations of more than 100 m/s<sup>2</sup>. The track consists of linear and curvilinear motor modules, curves and even closed loop tracks can be realised.

#### Parallel Robot on Rails

For the ScAut demonstrator, the concept of the XTS is extended to three dimensions. Therefore, two XTS tracks are arranged in parallel and four movers are connected to a platform by a special joint structure. In this way, relative movement of the movers are translated to spatial movement of the platform, which can thus perform specific movements in three dimensions. The resulting parallel robot can be freely positioned along the XTS rail, is able to traverse curves or even travel endlessly on closed-loop tracks. Furthermore, multiple robots can be used on the same track, which also increases cost efficiency as movers, platform and joints are simple mechanical parts.

#### Research and Application

The demonstrator is used to test the ScAut platform and novel solution elements, which feature, e. g. methods for the estimation of unknown system parameters, for the coordination of multiple robots or optimisation tasks. Due to its kinema-



Zwei XTS mit dem experimentellen Parallelroboter beim Durchfahren einer Kurve  
Two XTS with the experimental parallel robot while traversing a curve

tic structure, the robot uses four movers but has only three degrees of freedom. This makes it an example of a so called redundant parallel robot, which can be used to test new control approaches for this class of systems. Possible applications for the XTS-based parallel robot can be found, where many products have to be repositioned or manipulated while moving, e. g. in the packaging or food industry.



Dipl.-Ing. Dirk Bielawny  
E-mail: Dirk.Bielawny@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 63 40



Supported by: Federal Ministry of Education and Research  
Project partner: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG



[www.hni.upb.de/en/rtm](http://www.hni.upb.de/en/rtm)

## Virtuelle Inbetriebnahme eines Fertigungszentrums

Schnellere und günstigere Entwicklung von Produktionsanlagen

Die steigende Anlagenkomplexität, zunehmende Variantenvielfalt und somit die Komplexität der Fertigungssysteme stellen Unternehmen vor die Herausforderung, komplexe Fertigungsanlagen sicher und rasch zu planen und ohne zeitraubende Iterationsschleifen in Betrieb zu nehmen. Ein Lösungsansatz hierfür ist die virtuelle Inbetriebnahme (ViBN).

### Virtuelle Inbetriebnahme

Eines der Hauptprobleme bei der Entwicklung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen ist die Korrektur von Softwarefehlern. Bis zu 60 Prozent der Zeit wird für solche Fehlerkorrekturen beansprucht. Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts wurde eine neue Methodik zur virtuellen Inbetriebnahme von maschinenbaulichen Anlagen auf Basis von objektorientierten Verhaltensmodellen erarbeitet. Das Verhalten von Anlagenkomponenten wird hierbei in einem Modell abgebildet. Auf dieser Basis werden die Steuerungsprogramme einem frühzeitigen Funktionstest unterzogen. Mithilfe von Testspezifikationen werden Fehler frühzeitig identifiziert und behoben, wodurch die Qualität der Steuerungsprogramme steigt und die Inbetriebnahmezeit deutlich sinkt. Mithilfe der virtuellen Inbetriebnahme können Unternehmen ihre Kosten für die Inbetriebnahme ihrer Anlagen erheblich senken.

### Modelle für Produktionsanlagen

Durch die virtuelle Inbetriebnahme kann erreicht werden, dass die Anlagen nicht nur ressourceneffizient, verlässlich und intuitiv sind, sondern auch die Steuerungen mit der geforderten hohen Qualität auf unerwartete Situationen reagieren können. Die virtuelle Inbetriebnahme dient hier somit als Werkzeug für den Innovationssprung von der Mechatronik zu intelligenten



Inbetriebnahme einer Fertigungsanlage  
Commissioning of a production plant



Dipl.-Wirt.-Ing. Christopher Lankeit  
E-Mail: Christopher.Lankeit@hni.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 91



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektpartner: ELHA-Maschinenbau Liemke KG



[www.hni.upb.de/rtm](http://www.hni.upb.de/rtm)

technischen Systemen. Für die Simulation der modellierten Anlagenkomponenten wird ein intelligentes Verfahren genutzt, das bestimmt, mit welcher Genauigkeit ein Modell simuliert werden muss, je nach Anforderung. Dieses beruht auf der Strukturierung einer maschinenbaulichen Anlage in Module, für die Verhaltensmodelle mit wählbarer, adaptiv anpassbarer Modellierungstiefe erstellt werden.

### Transferprojekt „itsowl-TT-VIneF“

Das Projekt „it's OWL Virtuelle Inbetriebnahme eines Fertigungszentrums – VIneF“ wurde als Transferprojekt im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL durchgeführt. In Kooperation mit der Firma ELHA-Maschinenbau Liemke KG waren die Ziele die Entwicklung einer anforderungsgerechten Vorgehensweise für die ViBN im Sinne des Systems Engineering und die Erstellung einer Methode zur Ableitung geeigneter Testfallchecklisten.

Es wurden neue Ansätze für die funktionsorientierte Entwicklung geschaffen und der Zeitraum für die reale Inbetriebnahme an der Maschine konnte durch dieses Projekt erheblich reduziert werden. Zum Schluss wurde die virtuelle Inbetriebnahme an einem realen Beispiel mithilfe einer ausgewählten Softwareumgebung und den Testszenarien durchgeführt.

## Virtual Commissioning of a manufacturing centre

Quick and advantageous development of a production plant

The increasing complexity of plant systems, increasing variety of variants, and hence, the complexity of the production systems provide a challenge for companies. Complex production plants need to be planned safely and rapidly and need to be taken into operation without time-consuming iterations. One approach for this is the virtual commissioning (ViBN).

### Virtual commissioning

One of the main problems in the development and commissioning of production plants is the correction of software errors. Error correction takes up to 60 per cent of the time. Within one of the German Research Foundation (DFG) funded project, a new methodology for the virtual commissioning of engineering plant systems, based on object-oriented behaviour models, has been developed. The behaviour of the plant components is thereby simulated in a model. So the control programs functionality is tested early. Using test specifications, errors are identified and corrected at an early stage, so the quality of the control programs increases, and the time for commissioning decreases significantly. With the use of virtual commissioning, companies can reduce their costs considerably.

### Models for production plants

With the help of virtual commissioning, plants can be resource efficient, reliable, and intuitive. In addition, control systems can react to unexpected situations with the required high quality. Virtual commissioning is thus used for an innovation leap from mechatronics to intelligent technical systems. An intelligent method determines the accuracy, with which a model has to be simulated, depending on the requirements. This is based on the subdivision of a plant system into modules, for which behavioural models with selectable, adaptive adjustable modelling depth are created.



Fertigungsmodul von ELHA-Maschinenbau Liemke KG  
(Quelle: ELHA-Maschinenbau Liemke KG)  
Production Module from ELHA-Maschinenbau Liemke KG  
(Source: ELHA-Maschinenbau Liemke KG)

### Transfer project “itsowl-TT-VIneF”

The project “it's OWL Virtual commissioning of a manufacturing centre – VIneF” was carried out as a transfer project within the leading edge cluster it's OWL. In cooperation with the company ELHA-Maschinenbau Liemke KG, the objectives were the development of a procedure for ViBN by means of systems engineering, as well as the creation of a method for deriving suitable test case checklists. New approaches to the function-oriented development have been created and the time for the real commissioning of the machine were significantly reduced by this project. Finally, the virtual commissioning was carried out on a real example with the aid of a selected software environment, and the test case scenarios.



Dipl.-Wirt.-Ing. Christopher Lankeit  
E-mail: Christopher.Lankeit@hni.upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 91



Supported by: Federal Ministry of Education and Research  
Project partner: ELHA-Maschinenbau Liemke KG



[www.hni.upb.de/en/rtm](http://www.hni.upb.de/en/rtm)



## Patrick Biemelt

M.Sc.  
Regelungstechnik und Mechatronik

Mein Name ist Patrick Biemelt und seit April 2015 bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ tätig. Meine Wurzeln liegen unweit von Paderborn im westfälischen Rietberg bei Gütersloh, wo ich aufgewachsen bin und 2008 das Abitur gemacht habe. Als typisches „Lego-Kind“ konnte ich mich schon in frühen Jahren dafür begeistern, Dingen aus meiner Vorstellung heraus eine konkrete Form zu verleihen und diese nach meinem Ermessen zu gestalten. Hinzu kam im Laufe meiner Schulzeit eine Affinität für Naturwissenschaften und Technik, sodass mir die Entscheidung für ein Studium mit ingenieurwissenschaftlichem Schwerpunkt nach dem Zivildienst nicht schwer fiel.

Im Maschinenbaustudium an der Universität Paderborn habe ich dann erste Erfahrungen mit dem Heinz Nixdorf Institut und den Forschungsbereichen unserer Fachgruppe gesammelt. Als besonders faszinierend empfand ich dabei von Beginn an die Eigenschaft der Regelungstechnik und Mechatronik, mithilfe des gezielten Einsatzes von Sensorik, Aktorik und Informationsverarbeitung Dinge zu bewegen – und das nicht nur im räumlichen Sinn. Die theoretischen Studieninhalte an konkreten Anwendungsfällen umsetzen und mein Wissen um praktische Erfahrungen erweitern konnte ich durch die Arbeit als studentische Hilfskraft. Nach meinem Masterabschluss ergab sich mir mit der Anstellung in der Fachgruppe von Prof. Ansgar Trächtler dann die Möglichkeit, die erlernten Methoden und Strategien nicht nur anzuwenden, sondern eigenständig auf wissenschaftlicher Ebene weiterzuentwickeln. Für diese Chance, meinen persönlichen Interessen in der kreativen Atmosphäre des Heinz Nixdorf Instituts nachgehen zu können und mich täglich spannenden Herausforderungen zu stellen, bin ich sehr dankbar.

Der Fokus meiner Arbeit hier am Institut liegt auf der Entwicklung von prädiktiven Regelalgorithmen für eine interaktive Fahrsimulation. Diese erlaubt es, neuartige Fahrerassistenzsysteme bereits im Entwicklungsprozess erlebbar zu machen um somit die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in einem sehr frühen Stadium untersuchen zu können. Besonders vor dem Hintergrund der zunehmenden Autonomisierung in der Kraftfahrzeugindustrie erhoffe ich mir daher mit meiner Forschung einen konstruktiven Beitrag zum Technologiestandort Deutschland zu leisten.

## Patrick Biemelt

M.Sc.  
Control Engineering and Mechatronics

My name is Patrick Biemelt and since April 2015 I have been working as a research assistant in the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup. Not far from Paderborn, I come from Westphalian Rietberg near Gütersloh, where I grew up and received the Abitur in 2008. As a typical “Lego-child” I could enthuse myself, already in early life, by giving things a concrete shape out of my imagination and design them according to my discretion. In addition, I had always an affinity for science and technology during schooldays, so that the decision to conduct academic studies with a focus on engineering science after the civilian service was not hard for me.

I had my first contact with the Heinz Nixdorf Institute I had during my studies in mechanical engineering at the Paderborn University, and hence, I gained experience with the research topics of our workgroup. Right from the beginning, I was fascinated by the characteristic of control engineering and mechatronics to affect things under the specific application of sensor technology, actuating elements and information processing – and not just within a spatial meaning. As I was a student research assistant, I was able to complement the theoretical background with concrete technical applications and extend my knowledge with practical experiences. After I joined the workgroup of Prof. Ansgar Trächtler upon finishing my master’s degree, I had the opportunity not only to use the learned methods and strategies but also to enhance them self-contained on a scientific level. For that opportunity to pursue my personal interests in the creative atmosphere of the Heinz Nixdorf Institute and to deal with exciting challenges every day, I am very grateful.

My work here at the institute focuses on the development of predictive control algorithms for an interactive driving simulation. This gives a realistic impression of novel driver assistance systems already in the process of development to study the man-machine interaction even in that early state. Especially with respect to the increasing challenges in the automotive industry, I hope to achieve a constructive contribution to the technological advancement in Germany with the research I conduct.

» Die Regelungstechnik ermöglicht es uns Ingenieuren, Dinge gezielt zu bewegen – nicht nur im räumlichen Sinn. «

» Control engineering offers us engineers the ability to affect things specifically – not just within a spatial meaning. «

## Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Philosophisches Nachdenken über Wissenschaft und Technik soll über die Grundlagen und Bedingungen wissenschaftlichen und technischen Handelns aufklären. Die Fachgruppe setzt sich zum Ziel, Orientierung über Methoden und Zwecke wissenschaftlichen und technischen Handelns zu ermöglichen, und unterstützt so dessen verantwortungsvollen Einsatz.

E-Mail: [Volker.Peckhaus@upb.de](mailto:Volker.Peckhaus@upb.de)  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 24 11

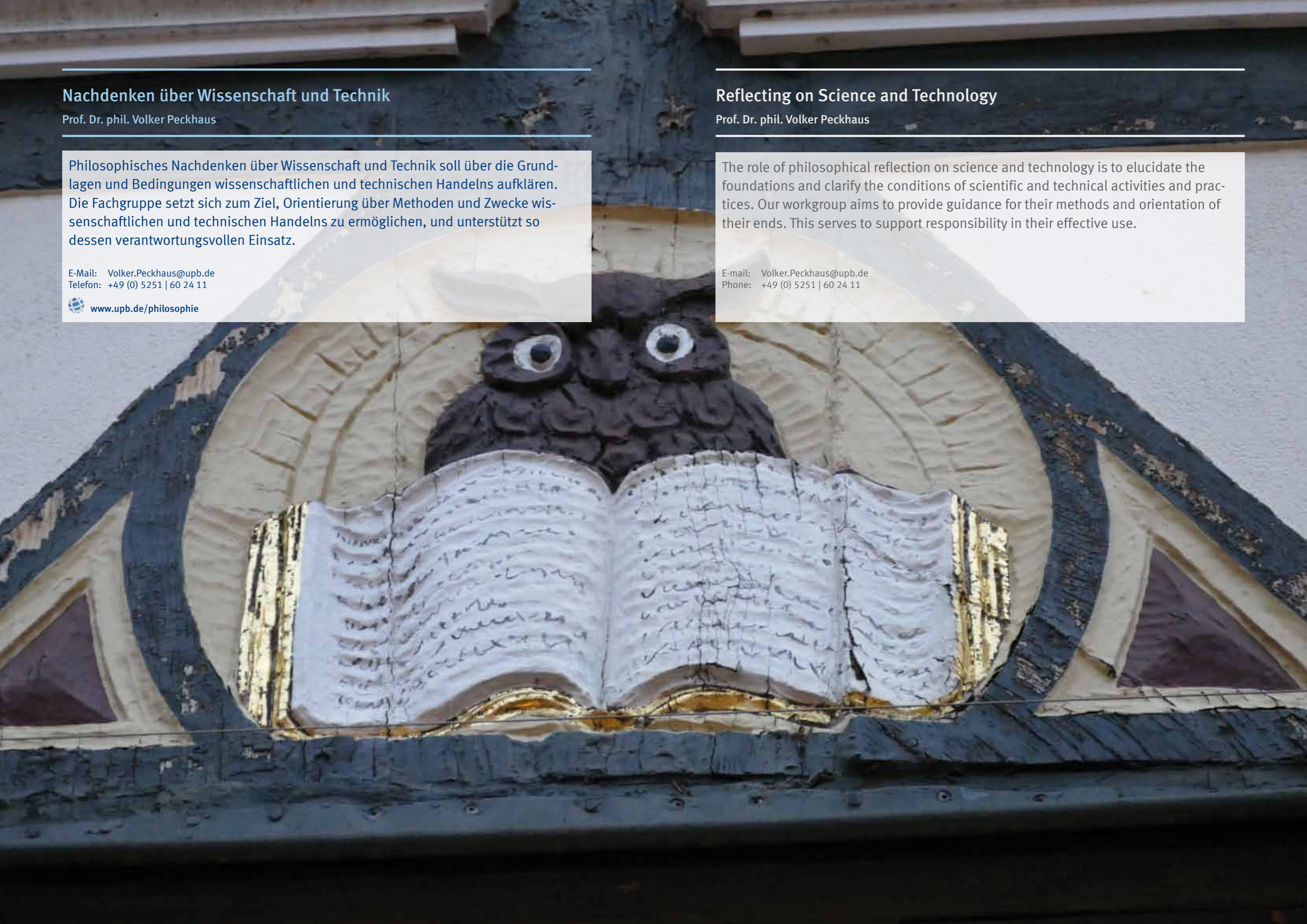
 [www.upb.de/philosophie](http://www.upb.de/philosophie)

## Reflecting on Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

The role of philosophical reflection on science and technology is to elucidate the foundations and clarify the conditions of scientific and technical activities and practices. Our workgroup aims to provide guidance for their methods and orientation of their ends. This serves to support responsibility in their effective use.

E-mail: [Volker.Peckhaus@upb.de](mailto:Volker.Peckhaus@upb.de)  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 24 11



## Fachgruppe Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Wissenschaftliche Forschung und ihre Anwendung bei der Entwicklung neuer Technologien bedürfen theoretisch reflektierter Bewertungsmaßstäbe. Deren formale und inhaltliche Bedingungen analysiert die Fachgruppe in historischer und systematischer Perspektive. Das Hauptinteresse gilt der symbolischen Logik und ihrer Geschichte, der formalen Semantik sowie der Philosophie der Mathematik und der Naturwissenschaften.

### Bedingungen wissenschaftlichen Handelns

Zentral für die Arbeit der Fachgruppe ist die Auseinandersetzung mit den logischen und kognitiven Bedingungen des Erkennens und des wissenschaftlichen Handelns. In der Lehre bemüht sich die Fachgruppe speziell in diesen Bereichen um Vermittlung der philosophischen Weise, um Fragen zu stellen und Lösungsansätze zu diskutieren. Schwerpunkte liegen in der Methodenlehre und der Theorie wissenschaftlichen Handelns. Sie ermöglichen die Diskussion über Maßstäbe für die Technikfolgenabschätzung.

### Philosophie an der Universität

Als Bestandteil der Studieninhalte des Fachs Philosophie fließen die Themen der Fachgruppe sowohl in den Zweifach-Bachelorstudiengang und den Master der Fakultät für Kulturwissenschaften als auch in die Studiengänge für das Unterrichtsfach Philosophie in mehreren Schulformen ein. Darüber hinaus wird Philosophie fakultätsübergreifend als Standard-Nebenfach für die Bachelorstudiengänge Informatik und Mathematik angeboten.

### Geschichte der Logik, Mathematik und Informatik

Ein Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe liegt in der Geschichte der neueren Logik und mathematischen Grundlagenforschung. Untersucht wird die Entwicklung der Logik von der traditionellen Urteilslehre bis hin zur mathematischen Logik und Beweistheorie. Im Spannungsfeld des Dialoges zwischen Philosophie und Mathematik werden die historischen Bedingungen von Subdisziplinen der jüngeren Mathematik sowie der Theoretischen Informatik rekonstruiert.

### Formale Logik und mathematische Praxis

Im Fokus der Fachgruppe stehen Auseinandersetzungen über den Status der formalen Logik, die im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert maßgeblich von Mathematikern vorangetrieben wurden. Diese Diskussionen werden als Ausdruck des Bemü-

hens gesehen, in der mathematischen Praxis entstandene Grundlagenprobleme zu bewältigen. Die Reformierung der Logik ist veranlasst vom pragmatischen Interesse, dem Mathematiker ein ungehindertes Arbeiten im eigenen Betätigungsfeld zu ermöglichen. Die Fachgruppe fragt nach dem Verhältnis der praktischen Motivation einer neuen Grundlegung mathematischer Forschung zu deren theoretischen Implikationen und Konsequenzen in der Philosophie der Mathematik und Logik. Ein wichtiges Hilfsmittel dieser Arbeiten ist die Database for the History of Logic, eine bibliografische Sammlung mit Porträtarchiv, die in Paderborn aufgebaut wird und interessierten Logikhistorikern offensteht.

### Geschichte der Algebraisierung der Logik

Die Studien zur Philosophie der Mathematik und Logik werden ergänzt durch historische Forschungen zur Mathematisierung logischer Methoden im Kontext der Entstehung der symbolischen Logik im 19. Jahrhundert. Untersucht werden Stadien einer Überführung der klassischen syllogistischen Logik in formalisierbare Calculi, kraft derer Problemlösungsprozesse automatisiert werden sollen. Die Möglichkeit einer konzeptionellen Trennung von Struktur und Interpretation eines Systems wird in diesem Zuge vorbereitet..

## Workgroup Philosophy of Science and Technology

Assessment of scientific and applied research demands deliberate rational standards that are proved to be theoretically sound. Regarding both form and content, we study their conditions by way of historical analyses and systematic enquiries. Our main concerns are with the development of symbolic logic, formal semantics, as well as with the philosophy of mathematics and the natural sciences.

### Conditions of Scientific Action

Our team is above all dedicated to the logical and cognitive conditions of knowledge and scientific action. Our teaching intends to convey the philosophical approach of querying propositions and of discursively assessing problems relating to these issues. Emphasis is placed on the philosophy of science, epistemology and methodology, and also on the philosophy of technology in its anthropological dimension. These are aids to considering norms for the assessment of the impacts of technological invention.

### Teaching Philosophy

Our workgroup's topics are integrated into the respective areas of study of several degree programmes. They belong to the academic subject Philosophy, which can be chosen as an optional subject in both the Cultural Studies B.A. and the master's degree programme as well as in our teacher training courses. Philosophy is also a supplementary optional subject in the Information Sciences and Mathematics B.A. programmes.

### History of Logic, Mathematics and Computer Sciences

One of our core areas of research is the history of logic and studies in the foundations of mathematics. We focus on the deployment of logic into Mathematical Logic and Proof Theory. Here, the emergence of new sub-disciplines of mathematics and theoretical computer science is viewed in the light of interplay processes between philosophy and mathematics.

### Formal Logic and Mathematical Practice

Our research concentrates on 19th and early 20th century controversies concerning the role of formal logic, a particular subject of debate among mathematicians. We consider their discussions as the expression of an endeavour to overcome foundational problems that had arisen from mathematical practice. Therefore, revising logic stems from the pragmatic goal of enabling the working mathematician to make unobstructed

progress within his special fields of competence. We intend to analyse how this practical background to a new foundation of mathematics relates to its impact on the theoretical Philosophy of Mathematics and of Logic. An important tool here is the publicly accessible biobibliographic Database for the History of Logic that we are currently compiling in Paderborn.

### Algebraisation of Logic in a Historical Perspective

Our studies in Philosophy of Mathematics and Logic are supplemented by historical research on the algebraisation of logical method due to the emergence of 19th century symbolic logic. Research is directed towards a gradual conversion of traditional logic into formal calculi, which are supposed to admit automatic processes of logical problem-solving. This indicates an emerging conceptual disjunction of the notions of structure and interpretation.

## Syllogistik und Wahrscheinlichkeit 19. Jahrhundert

### Augustus De Morgans numerische Logik

Im 19. Jahrhundert entwirft Augustus De Morgan eine numerisch spezifizierbare Formalisierung der klassischen Syllogistik. Untersucht wird, ob diese ihre Wurzeln in De Morgans früheren Untersuchungen Statistik, Ökonomik und Versicherungswesen hat. Lässt sich diese Hypothese bekräftigen, so darf De Morgans proto-algebraische Logik als exemplarischer Fall der Gewinnung abstrakter Strukturen und Algorithmen aus Anwendungsproblemen gelten.

#### Syllogistik und Wahrscheinlichkeitstheorie

Erweiterungen der Logik um die Thematik von Wahrscheinlichkeitsschlüssen werden in De Morgans Schriften an diversen Stellen angeführt. So enthält bereits De Morgans erster größerer Beitrag zur Logik, „On the Structure of the Syllogism, and on the Application of the Theory of Probabilities to Questions of Argument and Authority“ (1847), einen abschließenden Abschnitt, der die in den vorangegangenen Textteilen entwickelte quantitativ spezifizierbare Variante der klassischen Syllogistik auf die Idee einer probabilistisch gestützten Systematik bezieht. Des Weiteren bringt der zweite aus der Reihe von De Morgans Artikeln zur Logik die Thematik zur Sprache: Dieser erscheint im Jahre 1850 unter dem Titel „On the Symbols of Logic, The Theory of the Syllogism, and in Particular of the Copula, and the Application of the Theory of Probabilities to Some Questions of Evidence“.

#### Numerische Logik und Quantifikation der Beziehungen zwischen partikulären Urteilen

Im eben genannten Aufsatz wird als letzter Abschnitt ein separat datierter Beitrag zu Fragen der Bestimmung von Wahrscheinlichkeit und Glaubwürdigkeit von Argumenten mit abgedruckt. Dieser lässt sich als Darlegung von Implikationen eines Grundgedankens lesen, welcher für die Entwicklung von De Morgans Logik maßgeblich zu sein scheint: Die numerische Spezifikation von Begriffsumfängen in Urteilen, etwa der Form ‚45 von 100 As befinden sich unter 70 von 200 Bs‘, trägt der Möglichkeit Rechnung, die Annahme ihrer Geltung graduell zu bestärken oder abzuschwächen, wenn die Anzahl von Begriffsinstanzen im Komplement eines gegebenen Bruchteils (z. B. 45 As) einer Extension (z. B. 100 As) zu- oder abnimmt. De Morgans numerische Spezifikation von Beziehungen zwischen Urteilen erlaubt somit einen bemerkenswerten Rückschluss: Im Falle partikulärer Urteile stützen quantitative Spezifikatio-

nen von Begriffen deren Geltung bzw. stellen sie infrage – und zwar insofern, als sie die Wahrscheinlichkeit des Zutreffens ihrer (konträren) Gegenteile erhöhen oder vermindern.

#### Statistik und Versicherungswesen

Die eben skizzierte Überlegung ließe sich als folgerichtige Konsequenz aus dem Entwurf einer „numerisch definiten“ Logik interpretieren. Doch De Morgan diskutiert auch weit vor seiner effektiven Revision der Syllogistik probabilistische Fragen. So publiziert er bereits 1838 einen „Essay on Probabilities, and Their Application to Life Contingencies and Insurance Offices“. Möglicherweise wurzeln demnach die Grundgedanken numerisch definiten Schließens in früher entwickelten Methoden zum Umgang mit Wahrscheinlichkeitsschlüssen als umgekehrt. Dieser Hypothese wird anhand von expliziten Verweisen in De Morgans Schriften und Korrespondenzen sowie durch diachrone und synchrone Vergleiche mit anderen Ansätzen zur Verknüpfung von Wahrscheinlichkeitsrechnung und Logik nachgegangen.



**Dr. Anna-Sophie Heinemann**  
E-Mail: Anna.Sophie.Heinemann@mail.upb.de  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 23 13

## Syllogistic and Probabilities in 19th Century Logic

### Augustus De Morgan's Numerical Logic

In the 19th Century, Augustus De Morgan devised a numerically specified formalisation of classical syllogistic. The subject of investigation is if this approach is rooted in De Morgan's earlier works on statistics, economics and insurance offices. If this hypothesis can be corroborated, De Morgan's proto-algebraic logic may be regarded as an example of extracting abstract structures and algorithms from problems in applied sciences.

#### Syllogistic and the Theory of Probabilities

De Morgan's writings contain diverse references to extensions of logic by probable inferences. For example, his first important article on logic, titled “On the Structure of Syllogism, and on the Application of the Theory of Probabilities to Questions of Argument and Authority” (1847), contains a concluding section which refers the preceding outline of a quantitatively specified version of classical syllogistic to the idea of a system based on probabilistic measures. Moreover, De Morgan's second logic text also raises issues of probabilities. It is published in 1850 under the title “On the Symbols of Logic, The Theory of the Syllogism, and in Particular of the Copula, and the Application of the Theory of Probabilities to Some Questions of Evidence”.

#### Numerical Logic and Quantification of Relations between Particulars

The article just quoted contains a separate section on probabilities and the measurement of credence of arguments. This section is to be read as expounding implications of a guiding idea to the development of De Morgan's logic: If extensions are quantitatively specified, as in propositions of the form ‘45 of 100 As are of 70 of 200 Bs’, presuppositions of their validity may be gradually corroborated or weakened respectively as the number of instances contained in the complement of a fraction (e. g., 45 As given initially) of a total extension (e. g., 100 As) decreases or increases. Thus, De Morgan's quantitative specification of relations between propositions provides for an interesting conclusion: In the case of particular propositions, quantitative specifications of term extensions may support or question their validity in so far as they increase or decrease the probability that propositions to their contrary may be the case.

#### Statistics and Insurance Offices

The ideas outlined above might be thought of as resulting from De Morgan's scheme of a “numerically definite” logic. However, it is far earlier than his effective revision of classical syllogistic that De Morgan discusses questions of probability. Already in 1838, he published an “Essay on Probabilities,

and Their Application to Life Contingencies and Insurance Offices”. This makes it plausible to think of De Morgan's guiding idea of numerically definite inference as rooted in his earlier methods of handling probable inference. This hypothesis is pursued by tracking explicit references in De Morgan's writing and correspondence, but also by diachronic and synchronic comparisons of his ideas on relations between probabilities and logic with earlier approaches.



Augustus De Morgan: „An Essay on Probabilities“, London 1838, Frontispiz und Titelblatt

Augustus De Morgan: “An Essay on Probabilities”, London 1838, frontispiece and title page



**Dr. Anna-Sophie Heinemann**  
E-mail: Anna.Sophie.Heinemann@upb.de  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 23 13



»» Viele Menschen würden eher sterben als denken.  
Und in der Tat: Sie tun es. (Bertrand Russell) ««

»» Most people would sooner die than think;  
in fact, they do so. (Bertrand Russell) ««

## Nikolay Milkov

apl. Prof. Dr.  
Wissenschaftstheorie und Philosophie  
der Technik

Ich wurde am 20. Oktober 1953 in Varna, Bulgarien, geboren. Von 1974 bis 1978 studierte ich Philosophie an der Sofioter Universität. 1979 bis 1983 war ich Doktorand an der Lomonosov-Universität in Moskau. Zurück in Sofia, hatte ich ab August 1983 eine Forschungsstelle am Institut für Philosophie der Bulgarischen Akademie der Wissenschaften inne. In den folgenden sechs Jahren habe ich Wittgensteins *Tractatus, Philosophische Untersuchungen und Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik* ins Bulgarische übersetzt.

Bereits Anfang Oktober 1989 war ich „Research Fellow“ an der Universität Bielefeld, zunächst als Alexander-von-Humboldt- und später als Fritz-Thyssen-Stipendiat. In dieser Zeit habe ich an dem Projekt „Geschichte der analytischen Philosophie“ gearbeitet, welches ich schon in Sofia begonnen hatte. Gleichzeitig habe ich das Buch *Kaleidoscopic Mind: An Essay in Post-Wittgensteinian Philosophy* (Rodopi: Amsterdam, 1992) verfasst, das Wittgensteins Philosophie in einer komprimierten Form zu präsentieren versucht, um zu zeigen, wie die Philosophen sie in ihren spezifischen Untersuchungen verwenden können.

In Michaelmas und Lent Terms 1990/91 war ich „Visiting Philosopher“ an der Universität zu Oxford. Meine Bekanntschaft mit den Kollegen in Oxford hat mir bei der weiteren Arbeit an dem Projekt zur Geschichte der analytischen Philosophie geholfen. Es wurde in zwei Fassungen veröffentlicht: einer langen (*The Varieties of Understanding: English Philosophy since 1898*, 2 vols., Frankfurt: Lang, 1997) und einer kurzen: *A Hundred Years of English Philosophy*, Dordrecht: Kluwer, 2003. 2005/06 wurde ich als „Visiting Fellow“ an das Zentrum der wissenschaftlichen Philosophie, Universität Pittsburgh, eingeladen. Dies war wichtig zur Erweiterung meiner Kenntnisse im Bereich Wissenschaftstheorie. 2007 habe ich angefangen, an einem Forschungsprojekt über die „Berliner Gruppe“ der logischen Empiristen um Hans Reichenbach unter der Leitung von Prof. V. Peckhaus (Universität Paderborn) zu arbeiten. Als Ergebnis dieser Arbeit habe ich folgende Bücher herausgegeben: Hans Reichenbach, *Ziele und Wege der heutigen Naturphilosophie*, Hamburg: Meiner, 2011; (mit V. Peckhaus) *The Berlin Group and the Philosophy of Logical Empiricism*, Dordrecht: Springer, 2013; *Die Berliner Gruppe*, Hamburg: Meiner, 2015. In Vorbereitung ist eine Monografie über die Berliner Gruppe, die ich in englischer Sprache verfasste. 2012 nahm ich die Einladung der McMaster Universität in Kanada als „Bertrand Russell Visiting Professor“ an.

## Nikolay Milkov

apl. Prof. Dr.  
Philosophy of Science and Technology

I was born on 20 October 1953 in Varna, Bulgaria. From 1974 to 1978, I studied philosophy at the University of Sofia. In the years 1979 to 1983 I was a doctoral student at the Lomonosov University, Moscow. Back in Sofia in 1983, I worked at the Institute of Philosophy, Bulgarian Academy of Sciences. During the following six years, I translated *Wittgenstein's Tractatus, Philosophical Investigations and Remarks on the Foundations of Mathematics* into Bulgarian.

From October 1989 on, I was a “Research Fellow” at the University of Bielefeld, initially with the support of the Alexander von Humboldt Foundation and later with the assistance of the Fritz Thyssen Foundation. During these years, I worked on a book-project on the history of analytic philosophy, a project started already in Sofia. At the same time, I wrote a book (*Kaleidoscopic Mind: An Essay in Post-Wittgensteinian Philosophy*, Amsterdam, 1992) that aimed at presenting Wittgenstein's philosophy in a nutshell and also tried to show how philosophers can use it in case studies.

In Michaelmas and Lent Terms 1990/91, I was also a “Visiting Philosopher” at the Sub-Faculty of Philosophy, University of Oxford. Making acquaintance with Oxford philosophers greatly assisted my work on the project on History of analytic Philosophy. It was published in two versions: a long one, *The Varieties of Understanding: English Philosophy since 1898*, 2 vols., Frankfurt – New York: Peter Lang, 1997; and a short one: *A Hundred Years of English Philosophy*, Dordrecht: Kluwer, 2003. In 2005/6, I was a “Visiting Fellow” at the Centre of Scientific Philosophy, University of Pittsburgh, USA. The stay in Pittsburgh was especially important for gaining knowledge in philosophy of science. In 2007, I started to work on a research project, headed by Prof. Volker Peckhaus (Paderborn University), on the “Berlin Group” of logical empiricists around Hans Reichenbach (1928 – 1933). The results of my work on this project were the following books I edited: Hans Reichenbach, *Ziele und Wege der heutigen Naturphilosophie*, Hamburg: Meiner, 2011; (with V. Peckhaus), *The Berlin Group and the Philosophy of Logical Empiricism*, Dordrecht: Springer, 2013; *Die Berliner Gruppe*, Hamburg: Meiner, 2015. I am currently writing a monograph on the “Berlin Group” in English. More recently, I accepted an invitation from McMaster University, Ontario (which keeps Bertrand Russell's archive), to be the “Bertrand Russell Visiting Professor” for the Summer Term 2012.

---

## Weitere Aktivitäten

---

**Publikationen**

**Promotionen**

**Messen, Tagungen, Seminare**

**Patente, Preise, Auszeichnungen**

**Weitere Funktionen**

**Spin-Offs**

**Aktuelle Forschungsprojekte**

**Aktuelle Industriekooperationen**

**Wissenschaftliche Kooperationen**

---

## Additional activities

---

**Publications**

**PhD Theses**

**Fairs, conferences, seminars**

**Patents, prizes, awards**

**Additional functions**

**Spin-offs**

**Current research projects**

**Current industry cooperations**

**Scientific cooperations**





## Wirtschaftsinformatik, insb. CIM Business Computing, especially CIM

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Assistant Prof. Dr. Michaela Geierhos

### Publikationen Publications

Akbulut, Akin; Laroque, Christoph; Wenzel, Sigrid; Jessen, Ulrich: A Comparison of the Usage of Different Approaches for the Management of Plant Engineering Projects. In: Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, 6. – 9. Dezember 2015, IEEE Press

Bäumer, Frederik Simon; Dollmann, Markus; Geierhos, Michaela: Find a Physician by Matching Medical Needs described in your Own Words. In: 5th International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH 2015), Band 63, S. 417 – 424, Berlin, September 2015, Elsevier

Bäumer, Frederik Simon; Geierhos, Michaela; Schulze, Sabine: A System for Uncovering Latent Connectivity of Health Care Providers in Online Reviews. In: Dregvaite, Giedre; Damasevicius, Robertas (Hrsg.) Information and Software Technologies: 21th International Conference, ICIST 2015, Druskininkai, Lithuania, October 15 – 16, 2015, Proceedings, Communications in Computer and Information Science, Band 538, S. 3 – 15. Springer International Publishing, 1. Auflage, Oktober 2015

Dangelmaier, Wilhelm: Online-Optimierung zur Festlegung von Bestellzeitpunkten in der Losgrößenfertigung. In: Schenk, Michael; Zadek, Hartmut; Müller, Gerhard; Richter, Klaus; Seidel, Holger (Hrsg.) 20. Magdeburger Logistiktag „Sichere und nachhaltige Logistik“, S. 37 – 42, 24. – 25. Juni 2015 Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Dangelmaier, Wilhelm: Online-Optimierung zur Festlegung von Bestellzeitpunkten. April 2015

Geierhos, Michaela; Bäumer, Frederik Simon: Erfahrungsberichte aus zweiter Hand: Erkenntnisse über die Autorschaft von Arztbewertungen in Online-Portalen. In: Book of Abstracts der DHd-Tagung 2015, S. 69 – 72, Graz, Februar 2015

Geierhos, Michaela; Bäumer, Frederik Simon; Schulze, Sabine; Klotz, Caterina: Understanding the Patient 2.0: Gaining Insight into Patients' Rating Behavior by User-generated Physician Review Mining. In: Christiansen, Henning; Stojanovic, Isidora; Papadopoulos,

George A. (Hrsg.) Proceedings of 9th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context (CONTEXT 2015), LNAI, Band 9405, S. 1 – 13, Larnaca, Cyprus, 2. – 6. November 2015, Springer International Publishing Switzerland

Geierhos, Michaela; Bäumer, Frederik Simon; Schulze, Sabine; Stuß, Valentina: Filtering Reviews by Random Individual Error. In: Ali, Moonis; Kwon, Young Sig; Lee, Chang-Hwan; Kim, Juntae; Kim, Yongdai (Hrsg.) Current Approaches in Applied Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, Band 9101, S. 305 – 315. Springer International Publishing Switzerland, Juni 2015

Geierhos, Michaela; Bäumer, Frederik Simon; Schulze, Sabine; Stuß, Valentina: "I grade what I get but write what I think." Inconsistency Analysis in Patients' Reviews. In: ECIS 2015 Completed Research Papers, Mai 2015

Geierhos, Michaela; Schulze, Sabine: Der zufriedene Patient 2.0: Analyse anonymier Arztbewertungen zur Generierung eines Patientenstimmungsbildes. ForschungsForum Paderborn, 18: S. 14 – 19, Januar 2015

Geierhos, Michaela; Schulze, Sabine: The Satisfied Patient 2.0: Analysis of anonymous doctor ratings to gain insight into patient sentiment. ForschungsForum Paderborn, 18: S. 14 – 19, Januar 2015

Geierhos, Michaela; Schulze, Sabine; Bäumer, Frederik Simon: Der zufriedene Patient 2.0: Analyse anonymier Arztbewertungen im Web 2.0. In: Working Papers des KVF NRW, Band 3, Düsseldorf, August 2015 Verbraucherzentrale NRW/Kompetenzzentrum Verbraucherschutz NRW

Geierhos, Michaela; Schulze, Sabine; Bäumer, Frederik Simon: What did you mean? Facing the Challenges of User-generated Software Requirements. In: Proceedings of the 7th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, S. 277 – 283, 10. – 12. Januar 2015

Geierhos, Michaela; Stuß, Valentina: Identifikation kognitiver Effekte in Online-Bewertungen. In: Book of Abstracts der DHd-Tagung 2015, S. 239 – 243, Graz, Februar 2015

Gutfeld, Thomas; Jessen, Ulrich; Wenzel, Sigrid; Akbulut, Akin; Laroque, Christoph; Weber, Jens: simject Simulationsgestütztes logistikintegriertes Projektmanagement im Anlagenbau. Sigrid Wenzel (Hrsg.) & Christoph Laroque (Hrsg.), ISBN 978-3-00-050113-5, 2015

Kopecki, Lukas: A Deadlock-Free Route Reservation Method for Automated Decentralized Controlled Transportation in High Complex Distribution Centers. In: 11th International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS), 14. November – 15. Dezember 2015

Kopecki, Lukas: A Metric for Candidate Selection for a Robust Opportunistic Container Routing in high Complex Distribution Centers. In: International Conference on Electrical Engineering and Computer Sciences, 16. – 18. Dezember 2015

Kopecki, Lukas: A Robust Opportunistic Routing for High complex Decentralized controlled Distribution Center. In: Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Computer and Communications, S. 11 – 15, 10. – 11. Oktober 2015 IEEE, IEEE Press

Kopecki, Lukas: An approach for deadlock Prevention in decentralized controlled pre-storage zones with dynamic behavior and time windows. International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, 4(3): S. 208 – 213, August 2015

Kopecki, Lukas: Hardware in the Loop Framework for decentralized autonomous conveyor in automatic pre-storage zones. In: The 3rd Asia Symposium on Engineering and Information, 22. – 24. April 2015

Kopecki, Lukas: Protocol Structure for Controlling Adaptive Conveyor System in Automated High Complex Distribution Centers. In: International Conference on Computing Techniques and Mechanical Engineering, 1. – 2. Oktober 2015

Lauck, Sebastian; Boxnick, Simon; Kopecki, Lukas: Analyzing Supply Chain Nodes in Heterogeneous Environments Based on Transaction Data with Respect to Independent Item Behavior. International Journal of Advances in Computer Science & Its Applications – IJCSIA, 5(1): S. 41 – 45, April 2015

Minhee, Cho; Weber, Jens; Song, Sa-kwang; Jung, Hanmin; Lee, Mikyoung: Prescriptive Analytics for Planning Research-Performance Strategy. In: Park, James J. (Jong Hyuk); Stojmenovic, Ivan; Jeong, Hwa Young; Yi, Gangman (Hrsg.) Computer Science and Its Applications – Ubiquitous Information Technologies, Band 330, Kapitel: Prescriptive Analytics for Planning Research-Performance Strategy, S. 1123 – 1129. Springer Berlin/Heidelberg, Januar 2015

Mueß, André; Weber, Jens; Reisch, Raphael-Elias; Jurke, Benjamin: Implementation and Comparison of Cluster-Based PSO Extensions in Hybrid Settings with Efficient Approximation. In: Proceedings of the First Conference of Machine Learning for Cyber Physical Systems, 1. – 2. Oktober 2015 Fraunhofer IOSB, VDI-Publishers

Reisch, Raphael-Elias; Weber, Jens; Laroque, Christoph; Schröder, Christian: Asynchronous Optimization Techniques for Distributed Computing Applications. In: Tolc, A.; Padilla, J. J.; Jafer, S. (Hrsg.) Proceedings of the 2015 Spring Simulation Multi-Conference, Nr. 47 Nr. 2, 12. – 15. April 2015 SCS, SCS (Society for Modeling & Simulation International)

Stotz, Sophia Charlotte; Stuß, Valentina; Reinert, Matthias; Schrott, Maximilian: Interpersonal relations in biographical dictionaries. A case study. In: ter Braake, Serge; Fokkens, Antske; Sluijter, Ronald; Declerck, Thierry; Wandl-Vogt, Eveline (Hrsg.) Proceedings of the First Conference on Biographical Data in a Digital World 2015, 2015

Weber, Jens: A Technical Approach of a Simulation-Based Optimization Platform for Setup-Preparation via Virtual Tooling by Testing the Optimization of Zero Point Positions in CNC-Applications. In: Yilmaz, L.; Chan, K. V.; Moon, I.; Roeder, T. M. K.; Macal, C.; Rossetti, M. D. (Hrsg.) Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, 6. – 9. Dezember 2015

Weber, Jens; Mueß, André; Dangelmaier, Wilhelm: SBO Approach for Virtual Tooling Machine Setup Optimization Using a Rasterized Simulation Model. In: Dömer, Karl; Ljubic, Ivana; Pflug, Georg; Tragler, Gernot (Hrsg.) Operations Research Proceedings, International Conference on Operations Research 2015, International Conference on Operations Research, 1. – 4. September 2015 Gesellschaft für Operations Research e.V. (GOR), Physica-Verlag

### Promotionen PhD Theses

Jan-Patrick Pater  
**Mehrziel-Optimierung in Multi-Projekt-Liefernetzwerken unter Material-, Kapital- und Betriebsmittel-Restriktionen**

In Kooperation mit einem führenden Maschinenbauunternehmen in der Schienenfahrzeugindustrie wurde ein Verfahren zur Lösung des Zielkonflikts zwischen Liefertreue und Kapitalbindung in entwickelt. Durch den Einsatz von modernen Logistikkonzepten werden immer mehr Zwischenbestände reduziert und somit auch das gebundene Kapital innerhalb eines Unternehmens. Gleichzeitig werden die Liefernetzwerke fragiler, da der ursprünglichen Planung die Flexibilität zur Anpassung an unvorhergesehene Störungen fehlt. In einer solchen Umgebung werden durch multiple parallele Projekte regelmäßig wiederkehrenden Kundenbestellungen in Form von Kits und Komplettlieferungen platziert, welche eine vollständige und gemeinsame Lieferung aller Auftragspositionen erfordern. Dadurch haben schon geringe Störungen große Auswirkungen auf die gesamte Auftragslieferreue, da sich die Auslieferung verzögert, bis die letzte Position vollständig ist. Um die Liefertreue – und somit auch die Kundenzufriedenheit – zu verbessern, müssen Störeinflüsse im Liefernetzwerk in der Planung entsprechend berücksichtigt werden. In dieser Arbeit wurde das Problem durch ein „Framework“ gelöst, das auf dem Konzept des hybriden prädiktiv-reaktiven Rescheduling basiert. Die Hauptaufgabe war die Entwicklung eines proaktiven Verfahrens, das die Liefertreue-Werte je Projekt langfristig und ausgleichend unter Berücksichtigung einer Kapitalbindungsbergrenze vor Eintritt von Störungen maximiert. Durch eine simulationsbasierte Optimierung werden die erwarteten Liefertreuewerte der individuellen Aufträge mittels simultaner Planung von dynamischen Sicherheitsbeständen und Sicherheitszeiten über alle Stufen im Liefernetzwerk maximiert. Anschließend erfolgt die Auswahl der zu realisierenden Lösung aus der Pareto-Menge automatisch anhand der in der Vergangenheit erreichten Liefertreuewerte und der taktischen Zielvorgaben oder bei Bedarf manuell über ein speziell angepasstes Auswahlinterface. Ergänzend wurden reaktive Maßnahmen aufzeigt, die bei Eintritt einer Störung die Auswirkungen derselben minimieren. Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass die Problemstellung durch

das entwickelte Framework auch in komplexen realen Umgebungen effizient gelöst wird.

Paul Markwart  
**Analytischer Herleitung der Reihenfolgeeregeln zur Entzerrung hochauslastender Auftragsmerkmale**

Heutige Fertigungslinien werden mit einer immer größer werdenden Variantenvielfalt konfrontiert. Zeitgleich herrscht auch ein starker Kostendruck. Ziel in der Planung der Fertigungslinien ist eine möglichst hohe Effizienz unter ausreichender Flexibilität für schwankende Auftragsituationen. Eine meist notwendige Maßnahme zur Steigerung der Effizienz ist eine Flexibilisierung der Kapazitäten. Eine Maßnahme ist die Möglichkeit der Werker über ihre Stationsgrenzen hinweg an Aufträgen zu arbeiten. Dieses wird auch als „Drift“ bezeichnet. Das Driften wird allerdings durch eine Driftgrenze beschränkt und falls diese überschritten wird, muss die Überschreitung kompensiert werden. Diese Kompensationen bedingen zusätzliche Kosten und müssen deshalb auf ein Minimum reduziert werden. In dieser Arbeit wurden Verfahren entwickelt, die die Menge zulässiger Reihenfolgen dahingehend beschränkt, dass nur Auftragssequenzen mit einem Minimum an Driftgrenzüberschreitungen zulässig werden. Dies wird durch sogenannte Reihenfolgeeregeln erzielt, die die hochauslastenden Aufträge entzerren, so dass diese im Wechsel mit niedrigauslastenden Aufträgen eingeplant werden. Diese Maßnahme führt zu einer gleichmäßigeren Auslastung der Werker und zu einer Reduzierung der Driftgrenzüberschreitungen. Zur Bildung dieser Reihenfolgeeregeln mussten mehrere Teilprobleme gelöst werden. Diese Verfahren wurden in einer Softwarelösung integriert und werden von mehreren Praxispartnern eingesetzt um nach den errechneten Reihenfolgeeregeln die Aufträge zu verplanen. Dadurch konnte eine nivellierte Produktion erreicht werden und die Kosten von sequenzabhängigen Überlastungssituationen reduziert werden.

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

**Aufnahme von Jun.-Prof. Dr. Michaela Geierhos in das Junge Kolleg der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste**

Im Jungen Kolleg wird den Mitgliedern eine interdisziplinäre Plattform zum Austausch und zur





bei gleichzeitig kürzeren Produktlebenszyklen sind die Konsequenz. Das kontinuierliche Verbessern und Ausbauen bestehender Kompetenzen ist längst nicht mehr ausreichend für eine wettbewerbsfähige Marktposition. Auch die immer neue Ausrichtung auf kurzfristige erfolversprechende Marktleistungen führt nicht zu nachhaltigem Erfolg. Unternehmen müssen in der Lage sein, die Kompetenzen zur Realisierung zukünftiger Innovationen frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig aufzubauen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Systematik zur innovationsorientierten Kompetenzplanung. Diese liefert Maßnahmen zum strategiekonformen Kompetenzaufbau. Im ersten Schritt erfolgt eine Analyse der strategischen Ziele sowie bestehender Technologien und Kompetenzen. Im Weiteren werden fehlende Kompetenzen für ein konkretes Produktkonzept ermittelt. Ferner erfolgt eine Bewertung, die zu Handlungsempfehlungen für den internen, externen bzw. kooperativen Aufbau einer Kompetenz führt. Abschließend wird beschrieben, wie der Kompetenzaufbau konkret vorzunehmen ist. Die Anwendung der Systematik wird durch ein Wissensmanagementsystem unterstützt. Die Validierung in einem Unternehmen der Automobilindustrie veranschaulicht die Praxistauglichkeit.

Thomas Schierbaum

**Systematik zur frühzeitigen Kostenbewertung von mechatronischen Systemen in der Technologie Molded Interconnect Devices (MID)**  
Hohe Funktionsdichte auf kleinem Bauraum und damit einhergehende Miniaturisierung sind Erfolgsfaktoren für eine Vielzahl von mechatronischen Produkten. Ein Innovationstreiber in diesem Bereich ist die Technologie MID (Molded Interconnect Devices). Sie ermöglicht es, Elektronik direkt in mechanische Bauteile zu integrieren. Planare Schaltungsträger lassen sich so durch räumliche ersetzen. Das spart Raum, Teile und Kosten. Speziell die korrekte Kostenbewertung ist oftmals eine schwierige Hürde bei innovativen MID-Projekten. Bereits in der MID-Studie 2011 „Markt- und Technologieanalyse“ wurde die Bewertung als einer von vier wesentlichen Schlüsselfaktoren für erfolgreiche MID-Projekte ausgemacht [FGG+11]. Dies wird durch Aussagen aus der Praxis untermauert. Daher wurde eine Systematik zur frühzeitigen Kostenbewertung mechatronischer Systeme in der Technologie MID erarbeitet. Die Systematik gliedert sich in vier Bestandteile: ein Vorgehensmodell, ein detailliertes Kostenmodell,

eine Sprache zur Beschreibung der relevanten Produkt- und Produktionsprozessaspekte sowie ein Konzept zur rechnergestützten Anwendung der Systematik. Die Systematik wird anhand von zwei Validierungsbeispielen angewandt: einen am Heinz Nixdorf Institut entwickelten Miniaturroboter BeBot, dessen Gehäuse eines der komplexesten MID-Teile darstellt sowie einer Beleuchtungseinheit für den Innenraum eines Automobils.

Harald Anacker

**Instrumentarium für einen lösungsmusterbasierten Entwurf fortgeschrittener mechatronischer Systeme**  
Die effiziente Entwicklung fortgeschrittener mechatronischer Systeme ist eine Herausforderung. Interdisziplinäres Denken und Handeln ist aufgrund steigender Komplexität auf Gesamtsystemebene wichtiger denn je. Dieses muss durch die Wiederverwendung etablierten Lösungswissens unterstützt werden. Lösungsmuster bieten das Potential, relevantes Wissen bedarfsgerecht zu dokumentieren und zu vernetzen. Dies gilt für alle Bereiche der Produktentstehung, besonders für den fachdisziplinübergreifenden Systementwurf. Im Hinblick auf einen lösungsmusterbasierten Entwurf fortgeschrittener mechatronischer Systeme wird ein Instrumentarium vorgestellt. Grundlage bildet eine Beschreibung des Paradigmas der Lösungsmuster in der Produktentstehung. Das Instrumentarium enthält Techniken zur Identifizierung, Dokumentation und Anwendung von Lösungsmustern für den Systementwurf. Es werden eine einheitliche Strukturierung für Lösungsmuster sowie ein multidimensionaler Wissensraum erarbeitet. Diese werden anschließend in zwei eigens entwickelte Vorgehensmodelle integriert. Die Anwendung des Instrumentariums erfolgt anhand von zwei Beispielen. Die methodische Identifizierung von Lösungsmustern wird an einem Tellerseparator gezeigt – einem komplexen mechatronischen System. Anwendungsbeispiel des Vorgehens für einen lösungsmusterbasierten Systementwurf sind kooperierende Deltaroboter.

Mareen Vaßholz

**Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme**  
Die deutsche Industrie nimmt im globalen Wettbewerb eine Spitzenposition ein. Grund ist die zunehmende Entwicklung der Informatik- und Kommunikationstechnik, auf der über

80% der Innovationen beruhen. Sie ermöglicht einen Innovationssprung von der Mechatronik hin zu Intelligenter Technischer Systemen und vergleichsweise eine Senkung der Kosten sowie eine Steigerung des Nutzens und der Wirtschaftlichkeit. Etwa 60% der Kosten sowie der Nutzen dieser Systeme werden bereits in der Konzipierung festgelegt. In dieser Phase mangelt es den Entwicklern jedoch an einem Verständnis für die Entstehung von Kosten sowie für die Bedürfnisse der Kunden. Die Folge: Viele Innovationen scheitern am Markt, weil sie letztlich zu geringen Nutzen für den Kunden stiften oder schlicht zu teuer sind. Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme. Sie umfasst ein Wirtschaftlichkeitsmodell, welches die Zusammenhänge von Kosten, Nutzen und Wirtschaftlichkeit verständlich abbildet. Die Systematik unterstützt den Entwickler bei einer kundenorientierten Erschließung von Nutzenpotentialen durch die technische Lösung innerhalb eines vorgegebenen Zielkostenrahmens. Im Fokus stehen die frühzeitige Analyse und Bewertung der Wirtschaftlichkeit Intelligenter Technischer Systeme unter Berücksichtigung ihrer besonderen Eigenschaften; dafür werden Methoden sowie eine Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der wirtschaftlichsten Lösungsalternative bereitgestellt.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

#### 3. Workshop INBENZHAP

Am 7. Mai 2015 fand der 3. Workshop des Projekts im Café Moskau in Berlin statt. Ziel des Workshops war die Ermittlung der Zielposition für Deutschland im Bereich Industrie 4.0. Für den Workshop meldeten sich insgesamt 50 hochkarätige Vertreter aus Wirtschaft und Wissenschaft an.

#### Ergebnisübergabe INBENZHAP

Am 12. Oktober 2015 wurden die Ergebnisse aus dem Projekt den Vertretern des Bundesministeriums für Bildung und Forschung in Berlin vorgestellt. Neben Herrn Prof. Lukas (Abteilungsleiter BMBF) nahmen u.a. Herr Prof. Kagermann (Präsident acatech) und die Projektleiter Herr Prof. Gausemeier (Heinz Nixdorf Institut) und Herr Prof. Klocke (WZL) an der Sitzung teil.

#### 11. 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 und diskutieren.

29. – 30. Oktober 2015, Berlin

#### Wissenschafts- und Industrieforum Intelligente Technische Systeme

Die neue Veranstaltungsform fasst die zwei etablierten und erfolgreichen Workshops „Entwurf mechatronischer Systeme“ und „Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung“ sowie erstmalig die Tagung „Industrie 4.0 für die Praxis“ unter einem gemeinsamen Dach zusammen.  
23. – 24. April 2015, Paderborn

#### Spin-Offs Spin-offs

##### Smart Mechatronics

Smart Mechatronics bietet Produktentwicklung und Beratung in den Bereichen Systems Engineering, eingebettete Systeme in Hard- und Software sowie Regelungstechnik. Die 45 Mitarbeiter unterstützen Kunden bei der Realisierung innovativer Produkte.  
[www.smartmechatronics.de](http://www.smartmechatronics.de)

##### ScMI Scenario Management International AG

Die ScMI AG ist ein Spezialist für Zukunftsmanagement, insbesondere die Entwicklung von Szenarien und deren Anwendung in der Strategieentwicklung, im Innovationsmanagement sowie in Früherkennungs- und Veränderungsprozessen.  
[www.scmi.de](http://www.scmi.de)

##### UNITY AG

UNITY ist die Managementberatung für zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Seit 1995 schaffen wir innovative Prozesse und Geschäftsmodelle – von der Konzeption bis zur Umsetzung. (Anzahl Mitarbeiter: 210)  
[www.unity.de](http://www.unity.de)

##### FASTEC GmbH

FASTEC GmbH ist ein IT-Unternehmen mit Softwarelösungen zur Produktionsoptimierung. 40 Ingenieure, Informatiker und Fachkräfte setzen sich für die Optimierung von Produktionsbetrieben und deren Standortsicherung ein.  
[www.fastec.de](http://www.fastec.de)

##### myview systems GmbH

MYVIEW ist Anbieter von Produkten und Dienstleistungen zur Umsetzung umfassender PIM-Systeme für mittelständische Industrie- und Handelsunternehmen internationaler Ausrichtung. Konsequente Ausrichtung der Produkte auf Webtechnologie. Partnernetzwerk, Branchen- und Projekt-Know-how.  
[www.myview.de](http://www.myview.de)

#### Weitere Funktionen Prof. Gausemeier Additional functions Prof. Gausemeier

- Initiator und Aufsichtsratsvorsitzender des Beratungsunternehmens UNITY AG
- Vizepräsident von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Mitglied des Wissenschaftsrats von 2009 – 2015
- Mitglied der WiGeP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung
- Vorsitzender des Clusterboards des BMBF-Spitzenclusters it's OWL (Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe)

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

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

Ziel des Sonderforschungsbereichs war die Entwicklung neuer Verfahren und Methoden zur Herstellung von Bauteilen mit dreidimensionalen Eigenschaftsverläufen über das Bauteilvolumen. Die sogenannte funktionale Gradierung orientiert sich dabei am jeweiligen Anforderungsprofil der geforderten Bauteilfunktion und wird prozessintegriert im Monomaterial erzeugt. Die Fachgruppe war am Teilprojekt D5 beteiligt.  
*Förderinstitution: DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft*  
*Laufzeit: Juli 2006 – Juni 2015*

##### Adaptierbares Instrumentarium für die strategische Produktplanung (ADISTRA)

Ziel des Projekts ist ein individuell adaptierbares Instrumentarium zur strategischen Planung der Produkte von Morgen. Das Instrumentarium umfasst einen Referenzprozess, der durch innovative Methoden und ein IT-System unterstützt wird. Dabei wird vor allem der Übergang von der strategischen Produktplanung in die

Produktentwicklung in Form eines Entwicklungsauftrags fokussiert.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: Juli 2012 – 2015*

##### Development of an Additive Manufacturing Potential Check System (DyNAmICS)

Ziel des Projekts sind Methoden und Werkzeuge, die das DMRC dazu befähigen, das vorhandene Technologiewissen über die Additive Fertigung in die Industrie zu transportieren. Dazu werden konventionelle Methoden der strategischen Produktplanung adaptiert.  
*Förderinstitution: Land NRW, Direct Manufacturing Research Center*  
*Laufzeit: 2014 – 2016*

##### Industrie 4.0 – Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung (INBENZHAP)

Ziel des Vorhabens sind Handlungsempfehlungen zur Gestaltung des Innovations- und Produktionsstandortes Deutschlands für Industrie 4.0-Technologien. Die Handlungsempfehlungen beruhen zum einen auf einer Standortbestimmung Deutschlands im internationalen Vergleich, zum anderen auf einer Analyse heute wahrnehmbarer sowie vorausgedachter Entwicklungen von Rahmenbedingungen und Technologien.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2013 – 2016*

##### Entwicklungsplaner zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Entwicklung von MID-Produkten (MID-Plan)

Ziel des Projekts ist ein Entwicklungsplaner, welcher den Benutzer bei der Entwicklung neuer MID-Applikationen unterstützt. Dafür wird u. a. eine Datenbank entwickelt, welche MID-spezifische Informationen und Methoden (z. B. MID-Konstruktionskatalog, Wirtschaftlichkeitsberechnung für MID) enthält. Die Ergebnisse werden anhand eines Demonstrators validiert.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*  
*Laufzeit: 2014 – 2017*

##### Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 (GEMINI)

Ziel des Projekts GEMINI sind tragfähige Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0. Das in GEMINI entstandene Instrumentarium ermöglicht den beteiligten Unternehmen und Organisationen mit Hilfe von Methoden, Prozes-

sen und IT-Werkzeugen individuelle Geschäftsmodelle zu entwickeln und umzusetzen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*  
*Laufzeit: 2014 – 2017*

**Industrie 4.0 im globalen Kontext – Strategien der Zusammenarbeit mit globalen Partnern**  
Der wirtschaftliche Erfolg der deutschen Industrie hängt im Wesentlichen davon ab, wie das internationale Wettrennen um die Hoheit bei Normen und Standards für Industrie 4.0 bewältigt wird. Allerdings fehlt es derzeit an fundierten Überblicksstudien zur internationalen Zusammenarbeit im Kontext von Industrie 4.0. Diese Lücke will die geplante Studie schließen, indem sie empirisch gestützte Aussagen zu Chancen und Herausforderungen internationaler Kooperationen von Unternehmen und Institutionen im Bereich von Forschung und Entwicklung sowie Normen und Standards liefert.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*  
*Laufzeit: 2015 – 2016*

**it's OWL – Querschnittsprojekt Mensch-Maschine-Interaktion (QPMMI – Intelligente Maschinen verstehen den Menschen)**  
Ziel des Paderborner Teilprojekts in der ersten Förderphase des Spitzenclusters ist die Entwicklung einer Systematik für den Einsatz des VR-basierten Design Review im Entwicklungsprozess insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen. Neue Interaktionstechniken ermöglichen zudem eine effiziente Bedienung und Konfiguration des Systems.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2012 – 2017*

**it's OWL – Querschnittsprojekt Systems Engineering (QPSE – Intelligente Produkte – Intelligente Entwicklung)**  
Ziel des QPSE ist ein Instrumentarium, das die Cluster-Unternehmen befähigt, intelligente technische Produkte und Produktionssysteme im Sinne eines ganzheitlichen Systems Engineerings zu entwerfen. Grundlage sind fachdisziplinübergreifende Modellierungstechniken, die ein gemeinsames Systemverständnis schaffen, sowie benötigte Verfahren und Werkzeuge zur durchgängigen Simulation und Optimierung.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2012 – 2017*

**it's OWL – Querschnittsprojekt Selbstoptimierung (QPSO – Die Maschine denkt mit, lernt und passt sich an)**  
Ziel des Querschnittsprojekts Selbstoptimierung ist die Entwicklung eines Instrumentariums, das Methoden und Verfahren der Selbstoptimierung anwendergerecht verfügbar macht. Dazu gehören beispielsweise maschinelles Lernen, intelligente Regelungskonzepte sowie mathematische Optimierungsverfahren. Unternehmen können so unterstützt werden, Selbstoptimierung in die maschinenbaulichen Produkte und Produktionssysteme zu integrieren.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2012 – 2017*

**it's OWL – Innovationsprojekt Intelligente Arbeitsvorbereitung auf Basis virtueller Werkzeugmaschinen (InVorMa – Intelligente Planung – Optimale Maschinenauslastung)**  
Der wirtschaftliche Einsatz von Betriebsmittel hängt maßgeblich vom Wissen der Fertigungsplaner/innen ab. Diese sollen zukünftig von einer cloud-basierten Internetplattform bei der optimierten Einrichtung von Werkzeugmaschinen und der effizienten Auftragsdisposition unterstützt werden. Das hierfür benötigte Fachwissen und die durchgeführten Optimierungen werden von einer Wissensbasis verarbeitet.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2012 – 2016*

**it's OWL – Nachhaltigkeitsmaßnahme Vorausschau (VorZug – Die Zukunft vorausdenken und gestalten)**  
Ziel der Nachhaltigkeitsmaßnahme ist ein Instrumentarium aus Methoden, Content und IT-Unterstützung des Frühaufklärungsprozesses. Das Instrumentarium soll den Cluster als Ganzes, aber insbesondere auch die Clusterunternehmen befähigen, wirkungsvoll und effizient Vorausschau zu betreiben und daraus die erforderlichen Schlüsse für die Entwicklung von Geschäfts-, Produkt- und Technologiestrategien zu ziehen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2012 – 2017*

**it's OWL – Nachhaltigkeitsmaßnahme Produktpiraterie (3P – Prävention gegen Produktpiraterie)**  
Ziel ist die Sensibilisierung der Clusterunternehmen hinsichtlich der Bedrohungen durch Produktpiraterie sowie deren Befähigung, diesen Bedrohungen wirksam zu begegnen. Dazu wird ein Produktschutz-Mechanismus entwickelt, der Schutzbedarfe systematisch aufdeckt. Darauf basierend werden passende Schutzstrategien entwickelt und hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses bewertet.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2012 – 2017*

**it's OWL – Transferprojekt: Identifikation von Potentialen der Selbstoptimierung in der Oberflächenlackierung (ISOLack)**  
Ziel des Transferprojekts sind Potentiale zur Realisierung der Selbstoptimierung für Lackieranlagen, um hierdurch situationspezifisch optimales Verhalten der Lackieranlagen zu erhalten. Die erkannten Optimierungspotentiale bilden neben den firmeninternen FuE-Vorhaben Grundlage für die Weiterentwicklung der Lackieranlagen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2014 – 2015*

**it's OWL – Transferprojekt: Expertensystem für das Konfigurieren von Prozessen in der Fertigung (ExKoP)**  
Ziel des Projekts ist ein Expertensystem, welches verbesserte Prozesskonfigurationen auf Basis der Prozesshistorie vorschlägt und somit eine Verbesserung des Fertigungsprozesses realisiert. Hierzu sollen maschinelle Lernverfahren zum Einsatz kommen, die automatisch Regelmäßigkeiten (Prozessmuster) detektieren und kompakt repräsentieren.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2014 – 2015*

**it's OWL – Transferprojekt: Integrative Konzipierung einer Kolbenkompressoren-Baureihe (InKonziK)**  
Ziel des Projekts ist ein zukunftsorientiertes Konzept für eine Kolbenkompressoren-Baureihe. Dazu werden die betrachteten Methoden des Cluster-Querschnittsprojekts Systems Engineering eingesetzt.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2014 – 2015*

**it's OWL – Transferprojekt: Konzeption eines intelligenten Regalbediengeräts auf Basis einer disziplinübergreifenden Systembeschreibung für Lagersysteme (iRegabi)**  
Im Rahmen des Projekts wird ein intelligentes Regalbediengerät konzipiert werden. Zu diesem Zweck werden auf Basis einer disziplinübergreifenden Systembeschreibung Optimierungspotential identifiziert sowie geeignete Technologien zur Umsetzung ausgewählt. Anschließend werden Lösungskonzepte entwickelt, bewertet und ausgewählt.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2014 – 2015*

**it's OWL – Transferprojekt: Integration additiver Produktionstechnologien in den Produktentstehungsprozess (INPRO)**  
Ziel des Transferprojekts INPRO ist eine Methodik zur Integration additiver Fertigungstechnologien in den Produktentstehungsprozess mittelständisch geprägter Unternehmen, indem sie die Entwicklung befähigt Potentiale und Wechselwirkungen der Technologie im Produktentstehungsprozess frühzeitig zu erkennen und zu berücksichtigen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*  
*Laufzeit: 2015 – 2016*

**it's OWL – Transferprojekt: Optimierung und Materialflussanalyse in der Oberflächentechnik (OPTIMUS)**  
Ziel des Transferprojektes Optimus ist ein hinsichtlich Durchlaufzeit und Effizienz verbesserter Produktionsprozess bei der Oberflächenveredelung. Dies geschieht auf der Grundlage einer bedarfsorientierten Prozessoptimierung mit Hilfe einer Materialflussanalyse.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2015 – 2016*

**Aktuelle Industriekooperationen Prof. Gausemeier**  
Current industry cooperations Prof. Gausemeier

**Projektseminar Produktinnovation Sommersemester**  
Im Projektseminar haben acht Studierende und zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in Kooperation mit der Miele & Cie. KG, Werk Euskirchen die strategische Planung und Kon-

zipierung eines energieeffizienten Gebläses für Dunstabzugshauben auf Basis bestehender Antriebssysteme durchgeführt.  
*Partner: Miele & Cie. KG, Werk Euskirchen*  
*Laufzeit: April 2015 – September 2015*

**Projektseminar Produktinnovation Wintersemester**  
Im Projektseminar führen sieben Studierende und zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in Kooperation mit der CLAAS E-Systems KGaA mbH & Co KG die strategische Planung und Konzipierung der nächsten Generation von Telematik-Systemen für Anwendungen in der Landtechnik durch.  
*Partner: CLAAS E-Systems KGaA mbH & Co KG*  
*Laufzeit: Oktober 2015 – März 2016*

**Zukünftige Licht-Systemarchitekturen für Sportstadien**  
Ziel des in Kooperation von Fraunhofer IPT-EM und der Fachgruppe „Strategische Produktplanung und Systems Engineering“ durchgeführten Projekts bei der OSRAM GmbH, ist eine Systemarchitektur für zukünftige Lichtsysteme in Sportstadien. Dabei werden auf der Basis von Zukunftsszenarien, Anforderungen abgeleitet und anschließend eine Systemarchitektur entwickelt.  
*Partner: OSRAM GmbH*  
*Laufzeit: April 2015 – Dezember 2015*

**Geschäftsmodelle Industrie 4.0**  
Das Vorhaben zielt auf innovative Geschäftsmodelle für Schüttgut-Verpackungsmaschinen im Kontext Industrie 4.0.  
*Partner: Haver & Boecker OHG*

**Innovationsmanagement in der weißen Ware**  
Gegenstand des Projekts ist die Ingangsetzung eines leistungsfähigen Innovationssystems. Das System besteht aus einer Aufbau- und Ablauforganisation sowie zugehörigen Templates. Es dient der Auswahl von Produktideen und der Ressourcenplanung von Entwicklungsprojekten.  
*Partner: Miele & Cie. KG, Werk Euskirchen*

**Innovationsmanagement in der Schlacht- und Zerlegetechnik**  
Gegenstand des Projekts ist die Entwicklung und Implementierung eines Innovationsprozesses sowie entsprechender Werkzeuge. Der Prozess ermöglicht die Dokumentation und Auswahl Erfolg versprechender Ideen.  
*Partner: Freund Maschinenfabrik GmbH & Co. KG*

**Zukünftige Marktleistungskonzepte für Werkzeugmaschinen**  
Gegenstand des Projekts ist die Erarbeitung eines Erfolg versprechenden Marktleistungskonzeptes für Werkzeugmaschinen im Bereich Axialformen. Das Konzept soll insbesondere neue Applikationsfelder ansprechen.  
*Partner: Felss Systems GmbH*

**Strategische Neuausrichtung auf Basis einer Geschäftsfeldanalyse**  
Ziel des Projekts ist die strategische Neuausrichtung eines Unternehmenswerkes. Dazu werden auf Basis einer Geschäftsfeldanalyse konkrete Gestaltungsoptionen für die Zukunft formuliert.  
*Partner: Felss Systems GmbH*

## Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

### Publikationen Publications

Gräßler, Iris: Generic Product Creation System. In: 13th Industrial Simulation Conference 2015, Valencia, Spain, 1.–3. Juni, S. 173–177, 1. Januar 2015

Gräßler, Iris: Umsetzungsorientierte Synthese mechatronischer Referenzmodelle. In: VDI Mechatronik 2015, TU Dortmund, 12.–13. März 2015, S. 167–172, 2015

Gräßler, Iris; Taplick, Patrick: Interconnection of a System – and Process-Based Matrix for Virtual Engineering on the Basis of the Product Life Cycle. In: Padoano, Elio; Villmer, Franz-Josef (Hrsg.) 5th International Conference Production Engineering and Management, S. 43–53, ISBN 978-3-941645-11-0, 3. Oktober 2015, Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences

Gräßler, Iris; Pöhler, Alexander; Scholle, Philipp: CPPS – Based Market Access Opportunities for Production Capacity Providers. In: Padoano, Elio; Villmer, Franz-Josef (Hrsg.) 5th International Conference Production Engineering and Management, S. 67–77, ISBN 978-3-941645-11-0, 3. Oktober 2015, Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences

Gräßler, Iris; Hentze, Julian: Enriching Mechatronic V-Model by Aspects of Systems Engineering. In: Proceedings of the 7th ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials, SMART2015, ISBN 978-989-96276-8-0, Juni 2015, IDMEC/IST, Ponta-Delgada, Azores, Portugal

Gräßler, Iris; Taplick, Patrick: Supporting Product Engineering by Technologies of Virtual and Augmented Reality. In: Proceedings of the 21st European Concurrent Engineering Conference, S. 73–79, ISBN 978-90-77381-88-5, April 2015, EUROSIS-ETI, Lisbon, Portugal

Gräßler, Iris; Hentze, Julian: A V-model based comparison of Systems Engineering approaches. In: Proceedings of the 21st European Concurrent Engineering Conference, S. 80–86, ISBN 978-90-77381-88-5, April 2015, EUROSIS-ETI, Lisbon, Portugal

Hentze, Julian; Gräßler, Iris: Lebenszyklusgerechte Umfeldmodellierung. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.)

Design for X – Beiträge zum 26. DfX-Symposium, S. 245–254, ISBN 978-3-941492-93-6, 8. Oktober 2015, TuTech Innovation GmbH

Scholle, Philipp; Song, Young-Woo; Herzog, Michael; Bender, Beate; Gräßler, Iris: Methoden der Anforderungsstrukturierung zur Steuerung von Produktentwicklungsprozessen. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.) Design for X – Beiträge zum 26. DfX-Symposium, S. 121–132, ISBN 978-3-941492-93-6, 8. Oktober 2015, TuTech Innovation GmbH

### Weitere Funktionen Additional functions

- Gutachterin für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Gutachterin Leibnitz Mechatronik Zentrum Hannover VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.15 „Mechatronik“
- VDI/VDE Gesellschaften Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und Produkt- und Prozessgestaltung (GPP) Gemeinschaftsausschuss 7.02 „Systemhaus“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.23 „Businessmodelle für Industrie 4.0“
- Programme Committee der European Concurrent Engineering Conference (ECEC)
- VDI/VDE-Programmausschuss Mechatronik
- Scientific Advisory Board International DESIGN Conference
- Scientific Committee of International Conference on Engineering Design
- Programmausschuss Wissenschafts- und Industrieforum Intelligente Technische Systeme, Entwurf mechatronischer Systeme
- 2016–2018 direkt gewähltes Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
- Scientific Committee of International Product Engineering Management

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### Dynamics

Development of Additive Manufacturing Potential Check Up System, together with the Direct Manufacturing Research Center (DMRC) in Paderborn

Förderinstitution: *MIWF des Landes Nordrhein-Westfalen, DMRC Partnerunternehmen*  
Laufzeit: 01.06.2014 – 31.05.2016

**Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“**  
Themenbereich 1: Flexible Arbeitsprozesse; Arbeitsfeld T1.1: Menschen-zentrierte, adaptive Arbeitsprozesse; Arbeitsfeld T1.2: Veränderungsmanagement; Arbeitsfeld T1.3: Organisationale Gerechtigkeit  
Förderinstitution: *MIWF des Landes Nordrhein-Westfalen*  
Laufzeit: 01.07.2014 – 30.06.2018

**Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil, Energie- und kosteneffizienter Extremleichtbau mit Hybridwerkstoffen“**  
Strategische Planung innovativer Leichtbaukonzepte; Steigerung der Wiederverwendungsanteile in Leichtbaukonzepten  
Förderinstitution: *MIWF des Landes Nordrhein-Westfalen*  
Laufzeit: 01.07.2014 – 30.11.2018

### Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

**Hadi-Plast Kunststoffverarbeitung GmbH**  
Entwicklung innovativer Handhabungskonzepte zur Effizienzsteigerung in der automatisierten Spritzgussfertigung.

**Konrad Rump Strahlanlagen GmbH & Co. KG**  
Identifikation von Lösungsprinzipien zur Vergrößerung des Strahlwinkels in einer Strahlanlage.

**Claas Industrietechnik GmbH, Paderborn**  
Modellbasierte Potenzialanalyse – Ermittlung von Potenzialen zur Erhöhung der Qualität und Performance im F&E Bereich durch eine systematische Analyse des Produktentwicklungsprozesses.

**3DSE Management Consultants GmbH, München**  
Beratungsprojekt Systems Engineering – Rolle des System Engineers im Unternehmen und Trainingskonzept für eine Expertenausbildung

## Product Creation

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

## Kontextuelle Informatik

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

### Publikationen Publications

Keil, Reinhard; Selke, Harald (Hrsg.) 20 Jahre Lernen mit dem World Wide Web – Technik und Bildung im Dialog. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn, Band 330, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn, Juni 2015

Keil, Reinhard; Selke, Harald: Lernen mit, durch und über das WWW. In: Keil, Reinhard; Selke, Harald (Hrsg.) 20 Jahre Lernen mit dem World Wide Web – Technik und Bildung im Dialog, Band 330, S. 1–7, Juni 2015 Heinz Nixdorf Institut, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn

Keil, Reinhard; Selke, Harald: Virtuelle Wissensräume – Von der Präsentation von Inhalten zu virtuellen Lernstätten. In: Keil, Reinhard; Selke, Harald (Hrsg.) 20 Jahre Lernen mit dem World Wide Web – Technik und Bildung im Dialog, Band 330, S. 39–53, Juni 2015 Heinz Nixdorf Institut, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn

Klompaker, Florian: Entwicklung eines strukturierten Prozesses des Interaktionsdesigns für natürliche Benutzungsschnittstellen. Dissertation, Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Kontextuelle Informatik, 2015

Pongratz, Hans; Keil, Reinhard (Hrsg.) DeFI 2015 – Die 13. e-Learning Fachtagung Informatik der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V. GI-Edition Lecture Notes in Informatics (LNI), Koellen Druck+Verlag GmbH, September 2015

Schild, Christian; Petrusch, Vanessa: Empirische Validierung von Gestaltungsmustern. In: Mensch und Computer 2015 – Proceedings, S. 173–182, Berlin, 2015, De Gruyter Oldenbourg

Winkelkemper, Felix; Oberhoff, Andreas: WebArena – Räumliche Strukturen für die Lernorte der Zukunft. In: Keil, Reinhard; Selke, Harald (Hrsg.) 20 Jahre Lernen mit dem World Wide Web – Technik und Bildung im Dialog, Band 330, S. 103–117, Juni 2015 Heinz Nixdorf Institut, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn

### Promotionen PhD Theses

Florian Klompaker  
**Entwicklung eines strukturierten Prozesses des Interaktionsdesigns für natürliche Benutzungsschnittstellen**

Die Art und Weise, wie Menschen Computer bedienen, ändert sich seit einiger Zeit rasant. So genannte natürliche Benutzungsschnittstellen, realisiert beispielsweise durch Multitouch-Bildschirme, (be-)greifbare oder körpergestenbasierte Interaktionen finden sich bereits in einigen Produkten auf dem Markt. Auch für gemeinsame, koaktive Interaktionen sind diese Technologien häufig gut geeignet. In den Forschungslaboratorien von zahlreichen Universitäten, Instituten und Firmen werden ständig neue Interaktionsformen konzipiert, in wissenschaftlichen Studien untersucht und die Ergebnisse anschließend veröffentlicht. Die Erkenntnisse von solchen Studien sind häufig, dass eine entwickelte Interaktionsform unter bestimmten Voraussetzungen besser ist als eine andere. Solche Voraussetzungen können beispielsweise die Aufgabe, die es zu erfüllen gilt, oder der Hardwareaufbau sein. Derartiges Design-Wissen ist aktuell nur sehr schwer zugänglich, da es meist ausschließlich in wissenschaftlichen Publikationen niedergeschrieben ist. Für Studienergebnisse aus der Interaktionsforschung gibt es kaum einfache Suchmöglichkeiten, die verschiedenen Personengruppen schnell zur Verfügung stehen. In dieser Arbeit wird daher ein Verfahren zur kriteriengeleiteten Entscheidungsfindung vorgestellt, welches ein einfaches Suchen und Verwalten von Design-Wissen so genannten natürlichen Benutzungsschnittstellen ermöglicht. Es basiert auf einer Taxonomie von Interaktionstechniken sowie einer strukturierten Vorgehensweise und adressiert Interaktionsdesigner, Softwareentwickler und Interaktionsforscher gleichermaßen. Das entwickelte Verfahren wurde prototypisch in ein Auswahlwerkzeug implementiert. Des Weiteren wird in dieser Arbeit ein flexibles technisches Framework zum Testen und Bewerten neuartiger Interaktionsformen vorgestellt. Die mit diesem Framework erlangten Forschungsergebnisse können anschließend in das Auswahlwerkzeug integriert werden und stehen somit anderen Personen als Design-Wissen zur Verfügung. Übergeordnetes Ziel dieser Arbeit soll es sein, mit dem erstellten Verfahren einen

## Contextual Informatics

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

Beitrag dazu zu leisten, die Entwicklung von Produkten mit natürlichen Benutzungsschnittstellen und hoher Gebrauchstauglichkeit zu erleichtern, indem die Überführung von Ergebnissen aus der Interaktionsforschung in die Produktentwicklung erleichtert wird.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**DeFI 2015 (Leitung zus. mit H. Pongratz)**  
Die 13. e-Learning Fachtagung Informatik der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V., 1.–4. September 2015, München

### Weitere Funktionen Additional functions

- Wissenschaftlicher Beirat der „Forschungs- und Beratungsstelle Arbeitswelt (FORBA)“, Wien (seit 2000)
- Mitglied des Beirats „Lernstatt Paderborn“ (seit 2005)
- Co-Chair der „DeFI – Deutsche eLearning Fachtagung Informatik“, München
- Mitglied im Programmkomitee „HDI – Hochschuldidaktik der Informatik“
- Mitglied im Programmkomitee „M&C – Mensch und Computer“, Stuttgart
- Mitglied im Programmkomitee „GMW-Jahrestagung“
- Mitglied im Programmkomitee „ICALT 2015 – 15th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies“ Taiwan
- Mitglied im Programmkomitee „CyberC 2015 – 7th International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery“, China

### Spin-Offs 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**  
Current research projects

**Dialog 2.0, Wissen teilen – Region stärken**  
Die Bildungspartnerschaft zwischen Bezirksregierung Detmold und der Universität Paderborn sowie dem neuen Partner InnoZent OWL unterstützt die Wissensarbeit durch Entwicklung und Bereitstellung einer alltagstauglichen Infrastruktur in und außerhalb von Schule. Ziel ist die Stärkung und Förderung der Zusammenarbeit zwischen Schulen, Bildungsträgern und den Betrieben und Einrichtungen in der Region.  
*Förderinstitution: Bezirksregierung Detmold, InnoZent OWL, Universität Paderborn*  
*Laufzeit: 01.07.2014 – 30.06.2019*

**Wesersandstein als globales Kulturgut (WeSa)**  
Interdisziplinäres Projekt zwischen dem UNESCO Kompetenzzentrum „Materielles und Immaterielles Kulturerbe“, der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ des Heinz Nixdorf Instituts und dem Fachgebiet Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur an der TU Darmstadt zur Erforschung der Präfabrikation von Bauten, weltweitem Transport, Export und Kulturtransfer lange vor der Industrialisierung.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 01.01.2014 – 31.12.2016*

**Zentrum Musik – Edition – Medien (ZenMEM)**  
In dem Kooperationsprojekt aus dem Bereich der Digital Humanities haben sich die Universität Paderborn, die Hochschule für Musik Detmold und die Hochschule Ostwestfalen-Lippe zum Ziel gesetzt, ein Kompetenzzentrum an der Schnittstelle von Informatik und Geisteswissenschaften aufzubauen, um Ergebnisse der Erforschung musikalischer Überlieferung ins digitale Zeitalter zu überführen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2017*

**Aktuelle Industriekooperationen**  
Current industry cooperations

**Atos IT Solutions and Services GmbH (C-LAB), Paderborn**  
Kooperation im Bereich Aus- und Weiterbildung

**coactum GmbH, Paderborn**  
Kooperation im Bereich E-Learning und lernförderliche Infrastrukturen  
**InnoZent OWL, Paderborn**  
Zusammenarbeit beim Aufbau eines regionalen Kompetenzzentrums E-Learning und bei der Analyse und Bewertung der Weiterbildungsmaschine NRW im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen

**Medienzentrum des Kreises Gütersloh**  
Gemeinsame Aktivitäten und Projekte im Bereich Bildungsnetzwerke (schulen-gt)

**Schulabteilung der Bezirksregierung, Detmold**  
Gemeinsame Aktivitäten und Projekte im Bereich Bildungsnetzwerke (Bildung im Dialog) und LARS (Lernen auf Reisen Schule)

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

**Algorithmen und Komplexität**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Heiko Hamann  
Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik

**Algorithms and Complexity**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Heiko Hamann  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik

**Publikationen**  
Publications

Berssenbrügge, Jan; Wiederkehr, Olga; Jähn, Claudius; Fischer, Matthias: Anbindung des Virtuellen Prototypen an die Partialmodelle intelligenter technischer Systeme. In: 12. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Band 342, S. 65–78, 23.–24. April 2015 Heinz Nixdorf Institut, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn

Caragiannis, Ioannis; Fanelli, Angelo; Gravin, Nick; Skopalik, Alexander: Approximate Pure Nash Equilibria in Weighted Congestion Games: Existence, Efficient Computation, and Structure. ACM Trans. Economics and Comput., 3(1): S. 2 2015

Cord-Landwehr, Andreas; Lenzner, Pascal: Network Creation Games: Think Global – Act Local. In: Proceedings of 40th Conference on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS), LNCS, Nr. 9235, S. 248–260, August 2015, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Correll, Nikolaus; Hamann, Heiko: Probabilistic Modeling of Swarming Systems. In: Kacprzyk, Janusz; Pedrycz, Witold (Hrsg.) Springer Handbook of Computational Intelligence, S. 1423–1431. Springer, 2015

Degener, Bastian; Kempkes, Barbara; Kling, Peter; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Linear & Competitive Strategies for Continuous Robot Formation Problems. ACM Transactions on Parallel Computing, 2(1): S. 2, Mai 2015

Ding, Hongli; Hamann, Heiko: Dependability in Swarm Robotics: Error Detection and Correction. In: First International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics (SWARM 2015), 2015

Divband Soorati, Mohammad; Hamann, Heiko: The Effect of Fitness Function Design on Performance in Evolutionary Robotics: The Influence of a Prior Knowledge. In: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2015), S. 153–160, New York, NY, USA, Juli 2015 ACM, ACM

Drees, Maximilian; Feldotto, Matthias; Riechers, Sören; Skopalik, Alexander: On Existence and Properties of Approximate Pure Nash Equilibria in Bandwidth Allocation Games. In: Proceedings of the 8th International Symposium on Algorithmic Game Theory (SAGT), Lecture Notes in Computer Science, Nr. 9347, S. 178–189, 28.–30. September 2015, Springer Berlin Heidelberg

Hamann, Heiko: Lessons from Speciation Dynamics: How to Generate Selective Pressure Towards Diversity. Artificial Life, 21(3) 2015

Hamann, Heiko; Wahby, Mostafa; Schmickl, Thomas; Zahadat, Payam; Hofstadler, Daniel; Stoy, Kasper; Risi, Sebastian; Faina, Andres; Veenstra, Frank; Kernbach, Serge; Kuksin, Igor; Kernbach, Olga; Ayres, Phil; Wojtaszek, Przemyslaw: flora robotica – Mixed Societies of Symbiotic Robot-Plant Bio-Hybrids. In: Proceedings of the 2015 IEEE Symposium on Artificial Life (IEEE ALIFE'15), 2015

Jähn, Claudius; Fischer, Matthias; Gerges, Maria; Berssenbrügge, Jan: Automatische Ableitung geometrischer Eigenschaften von Bauteilen aus dem 3-D-Polygonmodell. In: 12. Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, Band 342, S. 107–120, 23.–24. April 2015 Heinz Nixdorf Institut, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn

Kengyel, Daniela; Hamann, Heiko; Zahadat, Payam; Radspieler, Gerald; Wotawa, Franz; Schmickl, Thomas: Potential of Heterogeneity in Collective Behaviors: A Case Study on Heterogeneous Swarms. In: Principles and Practice of Multi-Agent Systems (PRIMA 2015), S. 201–217, 2015

Li, Shouwei; Mäcker, Alexander; Markarian, Christine; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Riechers, Sören: Towards Flexible Demands in Online Leasing Problems. In: Proceedings of the 20th International Computing and Combinatorics Conference (COCOON), LNCS, Band 9198, S. 277–288, Januar 2015, Springer

Mäcker, Alexander; Malatyali, Manuel; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Riechers, Sören: Non-preemptive Scheduling on Machines with Setup

Times. In: Proceedings of the 14th International Symposium on Algorithms and Data Structures (WADS), LNCS, Nr. 9214, S. 542–553, 5.–7. August 2015, Springer

Mäcker, Alexander; Malatyali, Manuel; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Online Top-k-Position Monitoring of Distributed Data Streams. In: Proceedings of the 29th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS), S. 357–364, 25.–29. Mai 2015, IEEE

Markarian, Christine; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Online Resource Leasing. In: 34th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC), S. 343–344, 2015

Valentini, Gabriele; Hamann, Heiko: Time-Variant Feedback Processes in Collective Decision-Making Systems: Influence and Effect of Dynamic Neighborhood Sizes. Swarm Intelligence, 9(2-3): S. 153–176 2015

Valentini, Gabriele; Hamann, Heiko; Dorigo, Marco: Efficient Decision-Making in a Self-Organizing Robot Swarm: On the Speed Versus Accuracy Trade-Off. In: Proceedings of the 14th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2015), S. 1305–1314, 2015

Valentini, Gabriele; Hamann, Heiko; Dorigo, Marco: Self-organized collective decisions in a robot swarm. In: AAAI-15 Video Proceedings, 2015, AAAI Press

Wahby, Mostafa; Divband Soorati, Mohammad; Von Mammen, Sebastian; Hamann, Heiko: Evolution of Controllers for Robot-Plant Bio-Hybrids: A Simple Case Study Using a Model of Plant Growth and Motion. In: Proceedings, 25. Computational Intelligence Workshop, 2015

Wahby, Mostafa; Hamann, Heiko: On the Tradeoff between Hardware Protection and Optimization Success: A Case Study in Onboard Evolutionary Robotics for Autonomous Parallel Parking. In: Applications of Evolutionary Computation (EvoApplications 2015), Band 9028, S. 759–770, 2015, Springer

Wahby, Mostafa; Weinhold, Alexander; Hamann, Heiko: Revisiting BEECLUST: Aggregation of Swarm Robots with Adaptiveness

to Different Light Settings. In: Proc. of the 9th EAI International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies (BICT 2015), 2015, ACM

Zahadat, Payam; Hamann, Heiko; Schmickl, Thomas: Evolving Collective Behaviors With Diverse But Predictable Sensor States. In: 13th European Conference on Artificial Life (ECAL 2015), S. 174, 2015, MIT Press

#### Promotionen PhD Theses

Sebastian Abshoff  
**On the Complexity of Fundamental Problems in Dynamic Ad-hoc Networks**  
This thesis studies the complexity of fundamental problems in dynamic, i. e., time-variant, ad-hoc networks. Based on the model by Kuhn et al. (Symposium on Theory of Computing 2010), the network is controlled by an adaptive adversary that tries to prevent the efficient execution of algorithms and only guarantees connectivity in each round. In this thesis, three main aspects are considered, which can be found in three different parts of the thesis. In the first part, the adversary is restricted geometrically and an information dissemination problem is analyzed. The second part focusses on the counting problem (How many nodes are there in the network?) and establishes a relation to information dissemination problems. Finally, the third part studies the continuous, i. e., the repeated, computation of aggregation functions (e. g. the maximum of all inputs given to all nodes) in more stable variants of dynamic networks.

Claudius Jähn  
**Evaluation of Rendering Algorithms for Complex 3D Scenes**  
The efficiency of rendering algorithms for complex virtual 3D scenes does not only depend on the scene's overall properties, but also on the observer's position inside the scene. To experimentally evaluate an algorithm, measurements are typically performed along a characteristic camera path. This allows only for a weak assessment of the algorithm's general performance even for a fixed scene. I present an approach to represent aspects of an algorithm's behavior, like its running time or the number of performed operations, as position dependent scene properties. The

properties' distribution can be approximated for all positions in the scene using an adaptive sampling technique. A distribution's statistical evaluation allows for a direct and objective comparison of different algorithms and parameter values. Its visualization yields intuitive insight into the algorithms behavior. Additionally, I present the point-based Progressive Blue Surfels rendering algorithm for visualizing highly complex virtual scenes. The algorithm places a sorted sequence of points on the visible surface of the scene's geometry, so that every prefix of the points represents a complete approximation of the geometry. By choosing the rendered sequence's length, image quality and running time can be adjusted at runtime. The presented techniques are implemented in PADrend, a rendering system specially designed for supporting the process of developing rendering algorithms.

Christine Markarian  
**Online Resource Leasing**  
Many markets have seen a shift from the idea of buying and moved to leasing instead. Arguably, the latter has been a major catalyst for their success. In the wake of this shift, we study in this thesis leasing concepts from an algorithmic perspective. In particular, we design theoretic models, study their inherent difficulty, and devise provably good (often optimal), efficient algorithms, with the goal to cope with real-world resource leasing scenarios. A major difficulty faced by most of these markets is the uncertainty of future demands. Consider a subcontractor who leases expensive resources from other companies to rent them out to clients. The subcontractor may buy long/expensive leases for some resource, just to realize later on that no more requests are issued for this resource in subsequent time steps. Or, the subcontractor may buy short leases, just to notice later on that having bought a longer lease would have cost less. In attempt to capture this difficulty, our algorithms tend to be online, thus providing solutions in the present without knowing the future.

#### Weitere Funktionen Prof. Meyer auf der Heide Additional functions Prof. Meyer auf der Heide

- Member of the "Hochschulrat" of the Paderborn University

- Director of the Collaborative Research Center (SFB 901) "On-The-Fly Computing"
- Member of the German Academy of Sciences "Leopoldina"
- Member of the NRW Academy of Sciences, Humanities and the Arts
- DFG Special Advisor (Vertrauensdozent) of the Paderborn University
- Director of the NRW-Graduate School of Dynamic Intelligent Systems (one of three directors)
- Assistant Chairman of the Paderborn Institute for Scientific Computation (PaSCo)
- Managing Editor of "Journal of Interconnection Networks (JOIN)", World Scientific Publishing
- Editor of "Computer Science Review", Elsevier
- Chairman of the Scientific Advisory Board of the Leibniz-Zentrum für Informatik, Schloss Dagstuhl
- Member of the Evaluation Committee of the Bundeswettbewerb "Jugend Forscht", Coordinator of the section on Computer Science and Mathematics
- Member of the Milner Award Committee, The Royal Society
- Member of the program committee of the 34th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC 2015)
- Member of the program committee of the workshop Parallele Algorithmen, Rechnerstrukturen und Systemsoftware (PARS 2015)
- Member of the program committee of the 1st European Workshop on Parallel and Distributed Computing Education for Undergraduate Students (Euro-EDUPAR 2015)
- Member of the program committee of the 40th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2015)

#### Weitere Funktionen Jun.-Prof. Skopalik Additional functions Assistant Prof. Skopalik

- Member of the program committee of the 8th International Symposium, on Algorithmic Game Theory (SAGT 2015)
- Member of the program committee of the 11th International Conference on Web and Internet Economics (WINE 2015)

#### Weitere Funktionen Jun.-Prof. Hamann Additional functions Assistant Prof. Hamann

- Associate editor of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 2015
- Organizer of the International Workshop "Methods for Self-Organizing Distributed Systems" (MeSoDiSy) 2015
- Editorial board member of "Swarm Intelligence" (Springer), "Natural Computing" (Springer), "Frontiers in Robotics and AI" (Frontiers Media)
- Member of the program committees of European Conference on Artificial Life (ECAL) 2015, Evolutionary Computation in Robotics (EvoROBOT-EvoStar) 2015, Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO) 2015, Towards Autonomous Robotics Systems (TAROS) 2015, International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies (BICT) 2015

#### Graduiertenprogramme School programmes

- International Graduate School: NRW Graduate School of Dynamic Intelligent Systems
- DFG Research Training Centre "Research Training Group Automatism – Emerging structures in information technology, media, and culture"

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

**DFG Collaborative Research Centre 901 „On-The-Fly Computing“**  
The objective of CRC 901 – On-The-Fly Computing (OTF Computing) – is to develop techniques and processes for automatic on-the-fly configuration and provision of individual IT services out of base services that are available on world-wide markets. In addition to the configuration by special OTF service providers and the provision by what are called OTF Compute Centers, this involves developing methods for quality assurance and the protection of participating clients and providers, methods for the target-oriented further development of markets,

and methods to support the interaction of the participants in dynamically changing markets. Friedhelm Meyer auf der Heide is coordinator of this collaborative research centre since 2011.  
*Laufzeit: 2011 – 2019*

**DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject A1 “Capabilities and limitations of local strategies in dynamic networks”**  
This subproject started in 2011 with the objective to explore the capabilities and limits of local methods for control and optimization of big dynamic networks. Our focus lies on overlay networks, which allow the interaction between actors of the OTF market (the clients) and service providers to support services and provide infrastructure. “Local” in this context means that the control and optimization is not performed by a central instance but distributed by the actors, based on their local information. In the first funding period, we focused our research on developing and analyzing algorithms, which e.g. allow the efficient search for services, the distributed organization of actors in groups, or to adapt the positioning of resources in an overlay to better serve the requirements of the clients. This subproject is coordinated by Friedhelm Meyer auf der Heide and Christian Scheideler.  
*Laufzeit: 2015 – 2019*

**DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject A3 “The market for services: Incentives, algorithms, implementation”**  
In subproject A3 we model and analyze the market for composed IT-services. The main challenges in the economic considerations are the composition aspect, automatization of transactions, and the dynamics of composed services. For the analysis we use and develop methods from the fields of non-cooperative, cooperative, and algorithmic game theory. Furthermore, the study of bounded rational behavior rests on methods from evolutionary game theory, behavioral economics and the theory of learning. This subproject is coordinated by Claus-Jochen Haake, Burkhard Hehenkamp, and Alexander Skopalik.  
*Laufzeit: 2015 – 2019*

**DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject B1 “Parameterized Service Specifications”**  
In subproject B1 we deal with requirements specifications of software services. They are

important for a successful search, composition, and analysis of services. In particular, we investigate means of (semi-)automatically synthesizing requirements specifications based on examples, which were prepared by a domain expert. This subproject is coordinated by Gregor Engels, Michaela Geierhos, and Heiko Hamann.  
*Laufzeit: 2015 – 2019*

**DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject C4 “On-The-Fly Compute Centers II: Execution of Composed Services in Configurable Compute Centers”**  
In this subproject we are concerned with efficiently utilizing resources within a highly configurable compute center. First, we build on the scheduling results that were achieved in the first phase of subproject C2. Secondly, we incorporate the results of the complete subproject A2, especially the work on software-defined networking (SDN). This subproject emphasizes the collaboration between theoretical and practical computer science on closely related issues. We will examine these issues by using different methods (theoretical analysis, simulation, emulation and prototyping) on different levels of abstraction. OTF Compute Centers are particularly characterized by their ability to profitably exploit the properties of OTF services. They are therefore heterogeneous, in that they have various types of calculation units and persistent storage units. They also have one or more networks that connect these resources with each other. OTF services can be provided by a single or several interacting geographically or organizationally distributed OTF Compute Centers and, if necessary, they are supplemented by temporarily rented resources from the cloud. We will therefore develop and analyze scheduling processes, that consider the characteristics of OTF services on the one hand, and OTF Compute Centers on the other. This subproject is coordinated by Holger Karl and Friedhelm Meyer auf der Heide.  
*Laufzeit: 2015 – 2019*

**EU project (IP) Foundational Research on MULTILEVEL COMPLEX NETWORKS AND SYSTEMS (MULTIPLEx)**  
MULTIPLEx is a large-scale integrating project (IP) with 17 participating research institutes from all over Europe, funded by the European Commission. It addresses the objective “Dynamics of Multi-Level Complex Systems” of the FP7-ICT work program. The project started in November 2012 and will last for 48 month. The



goal of the project is to understand how multi-level complex systems evolve, and how they can be controlled and optimized. Indeed, multi-level dependencies may amplify cascading failures that might result in a sudden collapse of the entire system. Recent large-scale blackouts resulting from cascades in the power-grid coupled to the control communication system witness this point very clearly. A better understanding of multi-level systems is essential for future ICTs and for improving life quality and security in an increasingly interconnected and interdependent world. In this respect, complex networks science is particularly suitable for the many challenges that we face today, from critical infrastructures and communication systems to techno-social and socio-economic networks. In Paderborn, Friedhelm Meyer auf der Heide, Christian Scheideler and Alexander Skopalik contribute to this project.  
*Laufzeit: 2012 – 2016*

**DFG project: Distributed Data Streams in Dynamic Environments (DISDAS) in the DFG-Priority Programme 1736 Algorithms for Big Data**  
In this project we lay the foundations for the design and analysis of distributed algorithms that continuously compute aggregated information of streams of data which are observed by a multitude of devices. These devices may be mobile, i. e. capable of moving in the plane or in space, and contain both (wireless) communication devices and sensors for observing their environment. The major challenge is to cope with the huge amount of data generated by the devices. Typically, the data streams are too big and arrive too fast to be completely stored, or sent to a central server through a network, or processed in real time. Thus we have to find ways to extract useful information from the streams using restricted resources like memory, communication volume and computation time. In this project, we are developing continuous algorithms in distributed environments, taking both the dynamics of the devices and of the observed events into account. This reflects the scenario of moving people with smartphones who observe their environment. Friedhelm Meyer auf der Heide coordinates this project.  
*Laufzeit: 2014 – 2017*

#### it's OWL Cross-sectional project Human-Machine-Interaction (BMBF)

The objective of the subproject is to develop a systematics for the application of VR based design review in the development processes of small and medium-sized enterprises. Here we develop an interactive walkthrough system (PADrend: Platform for Algorithm Development and Rendering) for the rendering of complex CAD data. New interface design and interaction technology provide an efficient usability and configuration of the system. This project is funded by the Federal Ministry of Education and Research.  
*Laufzeit: 2012 – 2017*

#### EU H2020 FET project "flora robotica: Societies of Symbiotic Robot-Plant Bio-Hybrids as Social Architectural Artifacts"

The objective is to develop tightly coupled, symbiotic relationships between robots and natural plants, in particular we investigate the potential in plant-robot societies to create architectural artifacts and living spaces. Heiko Hamann is coordinator of this European project.  
*Laufzeit: 2015 – 2019*

#### Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- University of Liverpool, Martin Gairing, Ph.D., United Kingdom
- University of Maastricht, Tobias Harks, Ph.D., The Netherlands
- Universität Wien, Prof. Dr. Monika Henzinger, Austria
- Sapienza University of Rome, Prof. Stefano Leonardi, Ph.D., Italy
- IMT Alti Studi Lucca, Prof. Guido Caldarelli, Ph.D., Italy
- University of Patras, CTI, Greece, and University of Liverpool, United Kingdom, Prof. Paul Spirakis
- Université Libre de Bruxelles, Prof. Marco Dorigo, Ph.D., Belgium

## Seniorprofessur Prof. Rammig

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

## Senior Professorship Prof. Rammig

Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

#### Publikationen Publications

Jatzkowski, Jan; Kleinjohann, Bernd: Self-configuration of Real-Time Communication within Cyber-Physical Systems. In: Mechatronics, Mai 2015, Elsevier

Jatzkowski, Jan; Kreutz, Marcio Eduardo; Rettberg, Achim: Hierarchical Multicore-Scheduling for Virtualization of Dependent Real-Time Systems. In: Proceedings of the 5th IFIP International Embedded Systems Symposium (IESS), 3.–6. November 2015, Springer

Jatzkowski, Jan; Kreutz, Marcio Eduardo; Rettberg, Achim: Towards Hierarchical Scheduling of Dependent Systems with Hypervisor-based Virtualization. In: Proceedings of Electronic System Level Synthesis Conference (ESLsyn), 10.–11. Juni 2015

Joy, M. tech. Mabel Mary; Rammig, Franz-Josef: A hybrid methodology to detect memory leaks in soft real time embedded systems software. Int. J. of Embedded Systems, Januar 2015

Jungmann, Alexander: On Adaptivity for Automated Composition of Service Functionality. In: Proceedings of the IEEE 11th World Congress on Services (SERVICES), S. 329–332, 26. Juni – 2. Juli 2015, IEEE Computer Society

Jungmann, Alexander; Jatzkowski, Jan; Kleinjohann, Bernd: Combining Service-oriented Computing with Embedded Systems – A Robotics Case Study. In: Proceedings of the 5th IFIP International Embedded Systems Symposium (IESS), 3.–6. November 2015, Springer-Verlag

Jungmann, Alexander; Mohr, Felix: An approach towards adaptive service composition in markets of composed services. Journal of Internet Services and Applications, 6(1): S. 1–18, März 2015

Mohr, Felix; Jungmann, Alexander; Kleine Büning, H.: Automated Online Service Composition. In: Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Services Computing (SCC), S. 57–64, 26. Juni – 2. Juli 2015 IEEE, IEEE Computer Society

Rammig, Franz-Josef; Stahl, Katharina: Online behavior classification for anomaly detection in self-x real-time systems. Concurrency and Computation: Practice and Experience 2015

Stahl, Katharina; Stöcklein, Jörg; Li, Sijia: Evaluation of Autonomous Approaches using Virtual Environments. In: Shumaker, Randall; Lackey, Stephanie (Hrsg.) Virtual, Augmented and Mixed Reality VAMR 2015 Held as Part of HCI International 2015, LNCS 9179, S. 499–512, Los Angeles, CA, USA, 2.–7. August 2015 HCI International, Springer International Publishing Switzerland

Sudhakar, Krishna; Zhao, Yuhong; Rammig, Franz-Josef: Efficient Integration of Online Model Checking into a Small-Footprint Real-Time Operating System. Concurrency and Computation: Practice and Experience 2015

#### Promotionen PhD Theses

Stefan Grösbrink  
**Adaptive Virtual Machine Scheduling and Migration for Embedded Real-Time Systems**  
Integrierte Architekturen konsolidieren mehrere Funktionen auf einem Steuergerät und sind für die ressourceneffiziente Realisierung komplexer eingebetteter Systeme geeignet, insbesondere mit Mehrkernprozessoren. Hypervisor-basierte Virtualisierung ist eine vielversprechende Integrationsarchitektur. Die Hardwareressourcen werden in mehrere isolierte Ausführungsumgebungen aufgeteilt (virtuelle Maschinen), von denen jede ein Softwaresystem aus Betriebssystem und Anwendungen beinhaltet. Die größte Herausforderung ist eine Ressourcenverwaltung, die die Anforderungen aller integrierter Systeme erfüllt. Diese Arbeit befasst sich mit der Verwaltung der Ressource Rechenzeit durch den Hypervisor, so dass die geforderte Antwortzeit für alle integrierten Systeme garantiert ist (Echtzeitscheduling). Stand der Technik ist die Zuweisung exklusiver Prozessorkerne oder festgesetzter Ausführungszeitscheiben zu allen virtuellen Maschinen. Solch statische Ansätze führen jedoch häufig zu einer geringen Auslastung, da der Bedarf für den ungünstigsten Fall zu jeder Zeit reserviert werden muss, oft aber nicht benötigt wird. Diese Arbeit stellt eine Technik zum Scheduling virtueller Maschine vor, welche Antwortzeitgarantien und adaptive Verwaltung der Prozessorleistung verbindet. Die

Technik ermöglicht es unabhängig voneinander entwickelte Systeme mithilfe eines Hypervisors zu integrieren, folgt zur Laufzeit adaptiv dem Ressourcenbedarf dieser Systeme und migriert virtuelle Maschinen im Falle von Hardwaredefekten.

Yuhong Zhao

**Online Model Checking Mechanism and Its Applications**  
Designfehler in Software machen einen großen Prozentsatz der Fehler in Computersystemen aus. Die vorhandenen Validierungs- und Verifikationstechniken können nicht vollständig sicherstellen, dass sich die eingebettete Software wirklich wie gewünscht verhält, nachdem sie freigegeben oder eingesetzt wurde. Vor diesem Hintergrund stellen wir einen Online Model Checking Mechanismus vor, um die Korrektheit eines aktuellen Ausführungspfades, anstatt die gesamte Korrektheit der eingebetteten Software, sicherzustellen. Es ist dabei nicht das Ziel, einen schnelleren Model Checking Algorithmus vorzulegen. Die Grundidee des Ansatzes ist es, eine Folge von partiellen Modellen, die den aktuellen Ausführungspfad der zu überprüfenden Software überdecken, während der Systemausführung zu überprüfen. Die Fehler, die in den partiellen Modellen erkannt werden, können mögliche Fehler im Quellcode des zu überprüfenden Systems mittels der aktuellen Zustandsinformation, die während der Laufzeit periodisch aufgenommen wird. Das Online Model Checking Problem reduziert sich zu Online Erreichbarkeitsanalyse, wobei in jedem Überprüfungszyklus nur endliche Schritte auf der Modellebene verfolgt werden. Die zu überprüfenden Eigenschaften sind Formeln in linearer temporaler Logik. Sowohl Sicherheits- wie auch Lebendigkeitsüberprüfungen lassen sich dabei auf Erreichbarkeitsanalyse während der Laufzeit zurückführen.

Gilles Bertrand Gnokam Deto

#### A framework for Assertion-Based Timing Verification and PC-Based Restbus Simulation of Automotive Systems

Innovation in der Automobilindustrie wird durch Elektronik und vor allem durch Software ermöglicht. In der Regel wird eine Vielzahl von verteilten Funktionen realisiert. Typischerweise, wird diese Software über mehrere Steuergeräte verteilt. Durch die Verteilung und die Vielzahl an Funktionen, entsteht eine immer

wachsende Komplexität, die den Verifikations- und Validierungsprozess anspruchsvoller und schwieriger gestaltet. Daher ist für Ingenieure in der Automobilindustrie die Entwicklung von effizienten und effektiven Design-Methoden von großem Interesse. Ein zentrales Element in der Entwicklung automobiler Software ist der komponentenbasierte Ansatz. Derzeit ist AUTOSAR der wichtigste Standard, der dieses Paradigmenkonzept unterstützt. Die Systembeschreibungssprache SystemC ist ebenfalls ein Mittel, um AUTOSAR-Komponenten simulieren zu können. Des Weiteren stellt SystemC einen Satz von Bibliotheken zur Verfügung, wie zum Beispiel die SystemC-Verification Library (SCV) und einen diskreten Event-Simulationskern. Inzwischen ist das Interesse an der Verwendung von SystemC in der automobilen Softwareentwicklung stark gestiegen. In dieser Arbeit stellen wir eine SystemC-basierte Entwurfsmethodik für eine frühe Validierung zeitkritischer automobiler Systeme vor. Die Methodik reicht von einer reinen SystemC-Simulation bis zu einer PC-basierten Restbusimulation. Um die Synchronisation bezüglich Überabtastung und Unterabtastung zwischen dem SystemC-Simulationsmodell und dem Restbus während Restbusimulation zu gewährleisten, präsentieren wir ein Synchronisationsverfahren. Im Rahmen dieser Arbeit wurde IP-XACT als Modellierungsstandard verwendet, für die Integration von SystemC-Komponenten. Um eine Zeitanalyse ermöglichen zu können, stellen wir Erweiterungen für den IP-XACT Standard vor, mit deren Hilfe Zeitanforderungen an das Simulationsmodell erfasst werden können.

#### Weitere Funktionen A. Jungmann Additional functions A. Jungmann

- Mitglied des Technical Program Committee "International Conferences on Advanced Service Computing"
- Mitglied des Technical Program Committee "International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences"
- Mitglied des Program Committee "Service Composition for the Future Internet" (IEEE SERVICES 2015 Visionary Track)
- Mitglied des Program Committee "Model-Driven Robot Software Engineering" (STAF 2015 Workshop)

#### Weitere Funktionen B. Kleinjohann Additional functions B. Kleinjohann

- Vice Chair IFIP Working Group 10.2 "Embedded Systems"

#### Weitere Funktionen L. Kleinjohann Additional functions L. Kleinjohann

- Publications Chair IFIP Working Group 10.2 "Embedded Systems"

#### Weitere Funktionen Prof. Rammig Additional functions Prof. Rammig

- Mitglied der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste, darin Sprecher der Fachgruppe Informatik in der Klasse für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften
- Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Mitglied des Vergabeausschusses des Capes-Humboldt-Forschungsstipendienprogramm der Alexander von Humboldt-Stiftung und der brasilianischen Wissenschaftsförderorganisation Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).
- Vorstandsmitglied s-lab (Software Quality Lab)
- Sprecher des Wissenschaftlichen Beirats des C-LAB
- Vertreter Deutschlands bei IFIP (International Federation for Information Processing)
- Vertreter Deutschlands in IFIP TC 10
- Mitglied in der IFIP Arbeitsgruppe 10.2 und 10.5
- Mitglied des Präsidiums der GI (Gesellschaft für Informatik)
- Mitglied der Fachbereichsleitung des GI Fachbereichs Technische Informatik
- Mitglied des Board der IFIP
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Stiftungsprofessur „Musikinformatik“ der Hochschule für Musik Detmold

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

##### DFG-Sonderforschungsbereich "On-The-Fly Computing", (SFB 901), Teilprojekt B2 – Konfiguration und Bewertung

Das Teilprojekt befasst sich mit der Komposition von auf dynamischen Märkten zur Verfügung gestellten Software Services. Unser visionäres Ziel ist die automatisierte Generierung von individuellen „Software as a Service“ Lösungen – auf Anfrage. Hierfür werden formale Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz mit Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens kombiniert, um sowohl formal korrekte als auch dem Kontext entsprechend sinnvolle Lösungen zu identifizieren. Während z. B. Suchverfahren gültige Lösungen hinsichtlich Anfrage- und Servicespezifikation identifizieren, ermöglichen Reinforcement Learning Techniken eine Qualitätsabschätzung und Bewertung von alternativen Suchpfaden basierend auf Erfahrungswissen. In Kombination entsteht ein Grundbaustein für ein adaptives Kompositionsverfahren, welches sowohl mit unpräzisen und sich verändernden Benutzeranfragen, als auch dynamischen Märkten umzugehen weiß.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 07/2011 – 06/2015, 07/2015 – 06/2019*

##### ARAMiS – Automotive, Railway and Avionic Multicore Systems

Im Projekt ARAMiS entwickeln 31 Partner aus Industrie und Forschung Architekturen basierend auf Mehrkernprozessoren und Systemvirtualisierung, die die technologische Basis zur weiteren Erhöhung von Sicherheit, Verkehrseffizienz und Komfort in den Mobilitätsdomänen Automobil, Avionik und Bahn zu schaffen. Die Universität Paderborn entwickelt hierzu ein Schedulingverfahren, das die besonderen Echtzeit- und Sicherheitsanforderungen erfüllt.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*

*Förderzeitraum: 04/2012 – 03/2015*

#### Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- Audi AG
- dSpace GmbH

#### Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Center for Embedded Computer Systems, UC Irvine, USA
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) in Porto Alegre, Brasilien
- Universidade do Porto, Dep. de Eng. Electrotécnica e de Computadores in Porto, Portugal
- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) in Florianópolis, Brasilien
- Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe
- OFFIS – Institut für Informatik Oldenburg
- TU Berlin
- TU Braunschweig
- TU Kaiserslautern
- TU München

## Softwaretechnik

Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer

### Publikationen Publications

Anis, Anas; Schäfer, Wilhelm; Niggemann, Oliver; Pines, Andrej: CP3L: A Cyber-Physical Production Planning Language. In: IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 8. – 11. September 2015, IEEE

Arifulina, Svetlana; Platenius, Marie Christin; Becker, Matthias; Engels, Gregor; Schäfer, Wilhelm: An Overview of Service Specification Language and Matching in On-The-Fly Computing. tr-ri-15-347, Juli 2015

Arifulina, Svetlana; Platenius, Marie Christin; Mohr, Felix; Engels, Gregor; Schäfer, Wilhelm: Market-Specific Service Compositions: Specification and Matching. In: Proceedings of the IEEE 11th World Congress on Services (SERVICES), Visionary Track: Service Composition for the Future Internet, S. 333–340, 27. Juni – 2. Juli 2015, IEEE

Becker, Matthias; Lehrig, Sebastian; Becker, Steffen: Systematically Deriving Quality Metrics for Cloud Computing Systems. In: Proceedings of the 6th ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering, ICPE '15, S. 169–174, New York, NY, USA, 31. Januar – 4. Februar 2015, ACM, New York, NY, USA

Bernijazov, Ruslan: Systems and Software Requirements Engineering for Cyber-Physical Systems. Februar 2015

Börding, Paul; Bruns, Melanie; Platenius, Marie Christin: Comprehensive Service Matching with MatchBox. In: 10th Joint Meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE'15), S. 974–977, 30. August – 4. September 2015, ACM, New York, NY, USA

Brenner, Christian; Greenyer, Joel; Schäfer, Wilhelm: On-the-fly Synthesis of Scarcely Synchronizing Distributed Controllers from Scenario-Based Specifications. Proc. of Fundamental Approaches to Software Engineering (FASE 2015), April 2015

Brink, Christopher; Heisig, Philipp; Sachweh, Sabine: Change Impact Analysis in System Families. In: 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Application (SEAA), Madeira, Portugal, August 2015

Brink, Christopher; Heisig, Philipp; Sachweh, Sabine: Using Cross-Dependencies during Configuration of System Families. In: 1st International Workshop on Process, Methods and Tools for Engineering Embedded Systems, Dezember 2015, Springer

Brink, Christopher; Hirsch, Martin; Sachweh, Sabine: Kombinierte Entwicklung und Konfiguration von Hardware- und Software-Produktlinien unter Berücksichtigung von deren Abhängigkeiten. In: Tagungsband des Dagstuhl-Workshop MBEES: Modellbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme XI, S. 7–16, Schloss Dagstuhl, Germany, März 2015, fortiss GmbH

Brink, Christopher; Krawczyk, Lukas; Höttger, Robert; Wolff, Carsten; Fruhner, Daniel: AMALTHEA – Eine durchgängige Entwicklungsplattform für die modellgetriebene Entwicklung automobiler eingebetteter Systeme. In: 10. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, April 2015, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn

Cleland-Huang, Jane; Rayadurgam, Sanjai; Mäder, Patrick; Schäfer, Wilhelm (Hrsg.) Software and Systems Traceability for Safety-Critical Projects (Dagstuhl Seminar 15162). Dagstuhl Reports, Nr. 5(4), April 2015, Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik

Fockel, Markus; Holtmann, Jörg: ReqPat: Efficient Documentation of High-quality Requirements using Controlled Natural Language. In: Proc. of the 23rd International Requirements Engineering Conference 2015 (RE15), August 2015, IEEE

Gerking, Christopher: Model-to-Model Traceability as a Key Enabler for Domain-Specific Safety Analysis. In: Cleland-Huang, Jane; Rayadurgam, Sanjai; Mäder, Patrick; Schäfer, Wilhelm (Hrsg.) Software and Systems Traceability for Safety-Critical Projects (Dagstuhl Seminar 15162), Dagstuhl Reports, Band 5, S. 84, April 2015, Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik

Gerking, Christopher; Dziwok, Stefan; Heinemann, Christian; Schäfer, Wilhelm: Domain-specific Model Checking for Cyber-physical Systems. In: 12th Workshop on Model-Driven Engineering, Verification and Validation (MoDeVVA 2015), Ottawa, 29. September 2015

Gerking, Christopher; Ladleif, Jan; Schäfer, Wilhelm: Model-Driven Test Case Design for Model-to-Model Semantics Preservation. In: Vos, Tanja; Eldh, Sigrid; Prasetya, Wishnu (Hrsg.) 6th International Workshop on Automating Test Case Design, Selection and Evaluation (A-TEST 2015), Bergamo, 30. – 31. August 2015, ACM

Heinzemann, Christian; Brenner, Christian; Dziwok, Stefan; Schäfer, Wilhelm: Automata-based refinement checking for real-time systems. Computer Science – Research and Development, 30(3–4): S. 255–283, Juni 2015

Heinzemann, Christian; Schubert, David; Dziwok, Stefan; Pohlmann, Uwe; Priesterjahn, Claudia; Brenner, Christian; Schäfer, Wilhelm: RailCab Convoys: An Exemplar for Using Self-Adaptation in Cyber-Physical Systems. tr-ri-15-344, Januar 2015

Holtmann, Jörg; Bernijazov, Ruslan; Meyer, Matthias; Schmelter, David; Tschimer, Christian: Integrated Systems Engineering and Software Requirements Engineering for Technical Systems. In: Proceedings of the International Conference on Software and Systems Process (ICSSP), S. 57–66, New York, NY, USA, August 2015, ACM

Meyer, Jan; Fockel, Markus; Holtmann, Jörg: Systementwurf unter Einbeziehung funktionaler Sicherheit bei automobilen Steuergeräten. In: Tag des Systems Engineering 2015, November 2015, Gesellschaft für Systems Engineering e.V.

Meyer, Jan; Holtmann, Jörg; Koch, Thorsten; Meyer, Matthias: Generierung von AUTOSAR-Modellen aus UML-Spezifikationen. In: Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Rammig, Franz-Josef; Schäfer, Wilhelm; Trächtler, Ansgar (Hrsg.) 10. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn, Band 343, S. 159–172, April 2015, Heinz Nixdorf Institut

Niggemann, Oliver; Henning, Steffen; Schriegel, Sebastian; Otto, Jens; Anis, Anas: Models for Adaptable Automation Software An Overview of Plug-and-Produce in Industrial Automation. In: Modellbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme (MBEES), März 2015

Platenius, Marie Christin; Arifulina, Svetlana; Schäfer, Wilhelm: MatchBox: A Framework for Dynamic Configuration of Service Matching Processes. In: Proceedings of the 18th Interna-

tional ACM Sigsoft Symposium on Component-Based Software Engineering, S. 75–84, 4. – 8. Mai 2015, ACM

Pohlmann, Uwe; Hüwe, Marcus: Model-Driven Allocation Engineering. In: Conference: 30th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2015), November 2015 ACM/IEEE, IEEE

Schäfer, Wilhelm: Systems Engineering and Traceability at the Model Level. In: Cleland-Huang, Jane; Rayadurgam, Sanjai; Mäder, Patrick; Schäfer, Wilhelm (Hrsg.) Software and Systems Traceability for Safety-Critical Projects (Dagstuhl Seminar 15162), Dagstuhl Reports, Band 5, S. 94, April 2015, Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik

Schäfer, Wilhelm; Dziwok, Stefan; Pohlmann, Uwe; Bobolz, Jan; Czech, Mike; Dann, Andreas Peter; Geismann, Johannes; Hüwe, Marcus; Krieger, Arthur; Piskachev, Goran; Schubert, David; Wohrab, Rebekka: Seminar Theses of the Project Group Cybertron. Projektgruppenbericht tr-ri-15-345, Juli 2015

Schmitz, Joachim; Fockel, Markus: Vom Systemmodell zu disziplinspezifischen Modellen und zurück. In: Tag des Systems Engineering 2015, November 2015, Gesellschaft für Systems Engineering e.V.

Schubert, David: Identification of Safe States for Reconfiguration in MechatronicUML.

Stockmann, Lars: Debugging Models in the Context of Automotive Software Development. In: Chechik, Marsha; Kolovos, Dimitris (Hrsg.) Proceedings of the Doctoral Symposium of the ACM/IEEE 18th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems, 29. September 2015

### Promotionen PhD Theses

Dr. Christian Heinzemann  
**Verification and Simulation of Self-Adaptive Mechatronic Systems**  
Self-adaptive mechatronic systems automatically adapt their behavior to a changing environment by reconfiguring their software architecture at runtime. In particular, this includes dynamic formation of systems of

systems at runtime, where several systems collaborate with each other using message-based communication protocols. Often, these systems are safety-critical and need to satisfy hard real-time constraints, i. e., any (timing) error in their behavior may put lives at risk. As a consequence, the software of a mechatronic system needs to meet high quality standards. In particular, it needs to be guaranteed that reconfigurations of the software architecture do not lead to an unsafe behavior or a violation of the real-time constraints. Testing alone cannot prove the correctness and hence the safety of the mechatronic system. Existing approaches for model-driven development and analysis of mechatronic systems either provide support for analyzing real-time constraints or for analyzing reconfigurations of the software architecture, but none of the existing approaches supports both. In this thesis, we present a combination of constructive and analytical techniques that can be used by software engineers as a part of a model-driven software engineering method for assuring the correctness of the software of a self-adaptive mechatronic system. As a key novelty, our approach combines formal verification and simulation-based testing for achieving a scalable analysis of the system's software. As a basis, our component-based software architecture explicitly separates discrete event-based software components from time-continuous feedback controllers. This enables to verify the software components using a compositional model checking approach that we extended by a refinement check for message-based communication protocols. The correct integration of software components and feedback controllers is assessed by a testing-based approach based on model-in-the-loop simulation. Finally, we define an approach for specifying and verifying the reconfiguration behavior of software components that, in particular, separates the reconfiguration behavior from the functional behavior for improving scalability of the verification. We evaluated all of our contributions based on the RailCab system. In particular, we specified a component-based software architecture including reconfigurations for a RailCab and conducted two case studies. These case studies demonstrate the viability of our techniques.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**Tempus BIHTEK Meeting**  
20. – 22. Januar 2015  
Paderborn, Germany

**11. Dagstuhl-Workshop Model-Based Development of Embedded Systems (MBEES)**  
März 2015  
Dagstuhl, Germany

**Multikonferenz Software Engineering & Management 2015**  
17. – 20. März 2015  
Dresden, Germany  
[swm2015.de/se-2015](http://swm2015.de/se-2015)

**11. Dagstuhl-Workshop "Model-Based Development of Embedded Systems (MBEES)"**  
März 2015  
Dagstuhl, Germany

**Dagstuhl Seminar "Software and Systems Traceability for Safety-Critical Projects"**  
12. – 17. April 2015  
Dagstuhl, Wadern, Germany  
[www.dagstuhl.de/15162](http://www.dagstuhl.de/15162)

**ETAPS (European Joint Conferences on Theory and Practice of Software)**  
13. – 17. April 2015  
London, UK  
[www.etaps.org/index.php/2015](http://www.etaps.org/index.php/2015)

**Wissenschafts- und Industrieforums Intelligente Technische Systeme 2015**  
23. – 24. April 2015  
Paderborn, Germany  
[www.hni.uni-paderborn.de/wintesys](http://www.hni.uni-paderborn.de/wintesys)

**CompArch 2015**  
4. – 7. Mai 2015  
Montréal, Canada  
[comparch2015.org](http://comparch2015.org)

**37th International Conference on Software Engineering**  
16. – 24. Mai 2015  
Florenz, Italien  
[2015.icse-conferences.org](http://2015.icse-conferences.org)

**IEEE SERVICES 2015**  
27. Juni – 2. Juli 2015  
New York, USA  
[www.servicessymposium.org/2015](http://www.servicessymposium.org/2015)

**acatech Workshop „Sicherheit“**

6. Juli 2015  
Karlsruhe, Germany

**Architekturen 2015**

9. – 10. Juli 2015  
Hamburg, Germany  
[fg-arc.gi.de/veranstaltungen/fruehere-veranstaltungen/architekturen-2015.html](http://fg-arc.gi.de/veranstaltungen/fruehere-veranstaltungen/architekturen-2015.html)

**International Conference on Software and System Process (ICSSP)**

24. – 26. August 2015  
Tallinn, Estonia  
[www.icssp-conferences.org](http://www.icssp-conferences.org)

**23rd IEEE International Requirements Engineering Conference**

24. – 28. August 2015  
Ottawa, Kanada

**10th Joint Meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering**

30. August – 4. September 2015  
Bergamo, Italien  
[esec-fse15.dei.polimi.it](http://esec-fse15.dei.polimi.it)

**20th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation**

8. – 11. September 2015  
Luxembourg, Luxembourg  
[www.etf2015.org](http://www.etf2015.org)

**ACM/IEEE International Conference on Model-Driven Engineering Languages and Systems**

27. September 2015 – 2. Oktober 2015  
Ottawa, USA  
[cruise.eecs.uottawa.ca/models2015](http://cruise.eecs.uottawa.ca/models2015)

**30th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2015)**

3. – 13. November 2015  
Lincoln, Nebraska, USA  
[ase2015.unl.edu](http://ase2015.unl.edu)

**Patente, Preise, Auszeichnungen  
Patents, prizes, awards**

- Verleihung der Ehrendoktorwürde der bosnisch-herzegowinischen Universität „Džemal Bijedić“ in Mostar

**Weitere Funktionen Prof. Schäfer  
Additional functions Prof. Schäfer**

- Präsident der Universität Paderborn (seit dem 1. März 2015)
- Sprecher des DFG Fachkollegiums Informatik, Fach Softwaretechnologie
- Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften
- Sprecher des PACE-Instituts (Paderborn Institute for Advanced Studies)
- Mitherausgeber Software Process Improvement and Practice, Wiley
- Geschäftsführer der Zukunftsmeile Fürstenallee Projektentwicklungsgesellschaft mbH
- Mitglied des Fortschrittskolleg: Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0

**Spin-Offs  
Spin-offs****Solunar GmbH**

Die Solunar GmbH bietet umfangreiche und innovative Dienstleistungen rund um die Eclipse-Plattform an. Einen besonderen Schwerpunkt bildet die Entwicklung individueller, domänenspezifischer Anwendungen sowie aufeinander abgestimmter Werkzeugketten zur modellbasierten Softwareentwicklung.  
[www.solunar.de](http://www.solunar.de)

**Aktuelle Forschungsprojekte  
Current research projects****SFB 901 „On-The-Fly Computing“ (2. Förderphase)**

Die Zielsetzung des SFB 901 On-The-Fly Computing (OTF Computing) liegt in der Entwicklung von Techniken und Verfahren zur automatischen on-the-fly Konfiguration und Ausführung von individuellen IT-Dienstleistungen aus Services, die auf weltweit verfügbaren Märkten gehandelt werden. Die Fachgruppe ist an folgenden Teilprojekten maßgeblich beteiligt: Teilprojekt B1: Parametrisierte Servicespezifikation.  
*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft*  
*Laufzeit: 01.7.2015 – 30.6.2019*

**NRW-Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“**

Im NRW-Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“ befassen sich Doktorandinnen und Doktoranden der Universitäten Bielefeld und Paderborn mit den Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten. Der Einzug von Cyber-Physical Systems in die industrielle Produktion stellt vielfältige Herausforderungen an die neuartige Rolle des Menschen in einem System hochgradig vernetzter Produktionsanlagen. Zielsetzung des Fortschrittskollegs ist die interdisziplinäre Mitgestaltung dieser zukünftigen Arbeitsbedingungen unter Beteiligung von Geistes- und Ingenieurwissenschaften sowie Einbindung von Branchenverbänden, Gewerkschaften und Industriepartnern. Die Fachgruppe „Software-technik“ ist maßgeblich am Themenbereich 3 „Anforderungsorientiertes Systems Engineering“ beteiligt.

*Förderinstitution: Ministerium für Wissenschaft und Forschung*

*Laufzeit: 01.08.2014 – 31.12.2018*

**EU ITEA 2 Projekt AMALTHEA4public**

Im Rahmen von AMALTHEA4public wird eine Entwicklungsumgebung für automobile Many-Core Systeme entwickelt, die als ein Eclipse Projekt veröffentlicht wird. Bei der Entwicklung werden Many-Core Aspekte sowie das Variantenmanagement berücksichtigt. Die Ergebnisse werden von verschiedenen öffentlich geförderten Projekten integriert. Durch den Aufbau einer Community soll zudem die weitere Pflege und Weiterentwicklung der Plattform sichergestellt werden.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2017*

**VolIfa2020**

Das Projekt VolIfa2020 befasst sich mit der Entwicklung einer neuartigen, hochflexiblen und voll-adaptiven Scheinwerfertechnologie auf Basis eines LCD Scheinwerfers. Dabei wird insbesondere die Erforschung und Analyse der wahrnehmungsbedingten Nutzeranforderungen, der energieeffizienten Ansteuerung des LCD und die Evaluation durch den Aufbau eines Demonstrators betrachtet.

*Förderinstitution: Förderung durch BMBF, Projektträger: VDI Technologiezentrum*

*Laufzeit: 01.04.2014 – 31.03.2017*

**EU-TEMPUS Projekt, BHQFHE: “Bosnia and Herzegovina Qualification Framework for Higher Education“**

„BHQFHE“ – Ziel ist es, die Verbesserung der Transparenz und der Übertragbarkeit von den Hochschulbildungsqualifikationen und die Stärkung der Verbindung zwischen den bosnisch-herzegowinischen Hochschulen und dem Arbeitsmarkt, durch die Entwicklung und Umsetzung von Bosnisch-Herzegowinischen Qualifikationsrahmen für Hochschulbildung.

*Förderinstitution: EU*

*Laufzeit: 15.12.2013 – 14.12.2016*

**EU-ERASMUS Mundus Projekt, EUROWEB+ – “European Research and Educational Collaboration with Western Balkans“**

Ziel ist es, die Bildung eines europäischen und westbalkanischen akademischen Mobilitätsnetzes für das Erreichen hervorragender Leistungen in der Forschung, in der Lehre und im Technologietransfer.

*Förderinstitution: EU*

*Laufzeit: 15.07.2014 – 14.07.2018*

**EU-ERASMUS Mundus Projekt, GREEN TECH WB – “Smart and Green Technologies for Innovative and Sustainable Societies in Western Balkans“**

„GREEN TECH WB“ – Die Ziele des Projektes sind auf die Entwicklung und Vertiefung der weiteren Zusammenarbeit zwischen der Europäischen Union und den Westbalkanländern im Hochschulbereich ausgerichtet. Durch das Projekt werden insbesondere die Mobilität der begabtesten Studierenden aller Stufen (Bachelor, Master, Doktoranden und Postdoktoranten) und des Hochschulpersonals sowie die Beschäftigungsfähigkeit, die Forschung und der Technologietransfer gestärkt.

*Förderinstitution: EU*

*Laufzeit: 15.07.2014 – 14.07.2018*

**NetIDE**

Das im Januar 2014 angelaufene, dreijährige FP7-STREP-Projekt „NetIDE“ setzt sich zum Ziel, eine integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) für den Entwicklungsprozess von Anwendungen im Bereich des Software-defined Networking bereit zu stellen.

*Förderinstitution: EU/Kommission*

*Laufzeit: 01.01.14 – 31.12.16*

**Aktuelle Industriekooperationen  
Current industry cooperations**

- ABB Cooperate Research, Ladenburg
- Beckhoff Automation GmbH, Verl
- dSPACE GmbH, Paderborn
- Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt
- Janz IT, Paderborn
- iXtronics GmbH, Paderborn
- Lenze SE, Aenzen
- Miele & Cie. KG, Gütersloh
- myview systems GmbH, Büren
- Neunkirchener Maschinenfabrik Emil Kemper GmbH, Rietberg
- OWL Maschinenbau e.V., Bielefeld
- PHOENIX CONTACT ELECTRONICS GmbH, Bad Pyrmont
- PROMETO GmbH, Paderborn
- SAP Research, Karlsruhe
- Siemens AG, Corporate Technology, München
- Siemens AG, Healthcare Sector, Forchheim
- Siemens CT, München
- SOLUNAR GmbH, Gütersloh
- UNITY AG, Büren
- Wincor Nixdorf International GmbH, Paderborn
- xlab, Ljubljana

**Wissenschaftliche Kooperationen  
Scientific cooperations**

- Chalmers Technical University/University of Gothenburg, Software Engineering Group, Göteborg, Schweden, Prof. I. Crnkovic
- Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico Di Milano, Mailand, Italien, Prof. C. Ghezzi
- Faculty of Informatics, University of Lugano, Lugano, Schweiz, Prof. M. Pezze
- FH Dortmund, Prof. S. Sachweh, Prof. M. Hirsch
- Fraunhofer-Institut, Experimentelles Software Engineering, Kaiserslautern, Prof. P. Liggesmeyer
- Fraunhofer SIT & Technische Universität, Darmstadt, Prof. E. Bodden
- Hasso-Plattner-Institut Potsdam, Prof. H. Giese
- INRIA Paris, Dr. Valerie Issarny
- KIT und FZI Forschungszentrum Karlsruhe, Prof. R. Reussner
- Mälardalen Universität, Schweden, Prof. S. Punnekkat
- Technische Universität Darmstadt, FG Real-

Time Systems, Darmstadt, Prof. A. Schürr und Prof. Heiko Mantel, Informatik

- Technische Universität München, Institut für Informatik, Garching, Prof. M. Broy
- Universität Augsburg, Prof. W. Reif
- Universität aus Banja Luka, Bosnien und Herzegowina, Prof. Dr. Petar Maric
- Universität aus Belgrad, Republik Serbien, Prof. Dr. Blagoje Paunovic
- Universität Chemnitz, Prof. Dr.-Ing. Steffen Becker
- Universität Hannover, Prof. J. Greenyer
- Universität Kassel, Prof. A. Zündorf
- Universität Ulm, Prof. Dr. M. Tichy
- University of Massachusetts, Amherst, USA, Prof. L. Osterweil
- Staatsuniversität „Montenegro“ aus Podgorica, Prof. Dr. Andjelko Lojpur
- Universität aus Sarajevo, Bosnien und Herzegowina, Prof. Dr. Samim Konjicija
- Universität „St. Kyrril und Method“ aus Skopje, Mazedonien, Meri Cvetkovska,
- Universität aus Tirana, Albanien, Prof. Dr. Dhori Kule
- Universität Zagreb, Kroatien, Prof. M. Zagar

## Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

### Publikationen Publications

Gudyriev, Sergiy: Kleinheubacher Tagung 2015. In: Silicon photonics 90° optical hybrid design for coherent receivers, S. 18, Miltenberg, Germany, 28.–30. September 2015

Javed, Abdul Rehman: PSSS baseband receiver circuit design. DFG SPP 1655-Wireless 100Gb/s and beyond, Nürnberg, März 2015

Javed, Abdul Rehman; Scheytt, Christoph: System Design and Simulation of a PSSS Based Mixed Signal Transceiver for a 20 Gbps Bandwidth Limited Communication Link. In: 1st URSI Atlantic Radio Science Conference (URSI AT-RASC 2015), Expo Meloneras Convention Centre, Gran Canaria, Spain, 18.–22. Mai 2015

Javed, Abdul Rehman; Scheytt, Christoph; KrishneGowda, Karthik; Kraemer, Rolf: System Design Considerations for a PSSS transceiver for 100Gbps wireless communication with emphasis on mixed signal implementation. In: Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON), S. 1–4, Cocoa Beach, FL, USA, 13.–15. April 2015, IEEE

Javed, Abdul Rehman; Scheytt, Christoph; KrishneGowda, Karthik; Kraemer, Rolf; Messinger, Tobias; Kallfass, Ingmar: Mixed-mode Baseband for 100 Gbit/s Wireless Communications. DFG SPP 1655-Wireless 100Gb/s and beyond, Nürnberg, März 2015

KrishneGowda, Karthik; Wolf, Andreas; Kallfass, Ingmar; Messinger, Tobias; Kraemer, Rolf; Scheytt, Christoph: Towards 100 Gbps Wireless Communication in THz Band with PSSS Modulation: A Promising Hardware in the Loop Experiment. In: ICUBW 2015, Montreal, Canada, 4.–7. Oktober 2015

Müller, Wolfgang; Wu, Liang; Scheytt, Christoph; Becker, Markus; Schoenberg, Sven: On the Correlation of HW Faults and SW Errors. In: Mueller-Gritschneider, Daniel; Müller, Wolfgang; Mitra, Subhasish (Hrsg.) Proceedings of the 1st International Workshop on Resiliency in Embedded Electronic Systems (REES 2014), REES 2015, Amsterdam, NL, Oktober 2015

Scherr, Steffen; Göttel, Benjamin; Ayhan, Serdal; Bhutani, Akanksha; Pauli, Mario; Winkler, Wolfgang; Scheytt, Christoph; Zwick, Thomas: Miniaturized 122 GHz ISM Band FMCW Radar with Micrometer Accuracy. In: European Microwave Week 2015, Palais des Congrès, Paris, France, 6.–11. September 2015

Scheytt, Christoph; Javed, Abdul Rehman: 100 Gigabit pro Sekunde und mehr für das drahtlose Hochgeschwindigkeits-Internet. Forschungsforum Paderborn, (18): S. 25–30, März 2015

Scheytt, Christoph; Javed, Abdul Rehman: Mixed-Signal Baseband Processing for 100 Gbit/s Communications. In: European Microwave Week 2015, Palais des Congrès, Paris, France, 6.–11. September 2015

Scheytt, Christoph; Javed, Abdul Rehman: Shifting the Analog-Digital Boundary in Signal Processing: Should We Use Mixed-Signal “Approximate” Computing? In: Workshop on Approximate Computing, Paderborn, Germany, 15.–16. Oktober 2015

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**1st International Workshop on Resiliency in Embedded Electronic Systems, Amsterdam, NL,** 8. Oktober 2015.

**Design, Automation and Test in Europe (DATE),** Grenoble, Frankreich, 9.–13. März 2015.

**Design, Automation and Test in Europe (DATE)** Dresden, Deutschland, 14.–16. März 2016

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

**Patentschrift DE 10 2010 039 359 B4:** Durchbruchspannungsvervielfacherschaltung, Deutsches Patent- und Markenamt.

**Patentschrift US9082809B2:** Graphene Base Transistor Having Compositionally-Graded Collector Barrier Layer, United States Patent.

### Weitere Funktionen Prof. Scheytt Additional functions Prof. Scheytt

- Mitglied im geschäftsführenden Vorstand des Heinz Nixdorf Instituts
- Mitglied im Programmkomitee European Microwave Week (EuMW) 2015, Paris, Frankreich
- Mitglied im Programmkomitee German Microwave Conference (GeMiC) 2015, Nürnberg
- Mitglied im Programmkomitee IEEE Bipolar BiCMOS Technology Meeting (BCTM) 2015, Boston MA, USA
- Sprecher im Verbundprojekt REAL100G. COM der DFG im SPP 1655 „Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeitskommunikation für den mobilen Internetzugang“
- Mitglied in der European Radio and Microwave Interest Group (EURAMIG) der European Microwave Association (EuMA)
- Mitglied im Center for Optoelectronics and Photonics Paderborn (CeOPP)
- Mitglied im European Photonic Industry Consortium (EPIC)
- Mitglied in Photonic21, European Technology Platform for Photonics

### Weitere Funktionen W. Müller Additional functions W. Müller

- Mitglied im Vorstand des Heinz Nixdorf Instituts
- Mitglied im Main Board der European Design and Automation Association (EDAA)
- Stellvertretender Sprecher der gemeinsamen GI/ITG/GME Fachgruppe 3,5,7/5,2.2/5,7 der Kooperationsgemeinschaft „Rechnergestützter Schaltungs- und Systementwurf“
- Mitglied der Special Interest Group Design Automation (SIGDA) der Association for Computing Machinery (ACM)
- Mitglied im Executive Committee (Finance Chair) der DATE 2015 (Grenoble, März 2015)
- Mitglied im Executive Committee (Finance Chair) der DATE 2016 (Dresden, März 2016)
- Mitglied im Programmkomitee des 18. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2015 (Chemnitz, März 2015)

- Mitglied im Programmkomitee des 19. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2016 (Freiburg, März 2016)
- Mitglied im Programmkomitee der International Conference on Hardware / Software Codesign and System Synthesis (Amsterdam, NL, Oktober 2015)
- General Co-Chair des 1st International ESWEEK Workshop on Resiliency in Embedded Electronic Systems, Amsterdam, NL, Oktober 2015

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### SPEED (Silicon Photonics Enabling Exascale Data Networks)

Das Projekt entwickelt elektronisch-photonscher ICs auf Siliziumbasis für hochbitratige optische Transceiver. Die Leistungsfähigkeit der Plattform wird exemplarisch anhand der Entwicklung zweier 400 Gb/s Transceivermodule demonstriert, die mit Surface-Mount-Technologie (SMT) direkt auf die Leiterplatten von Netzwerkgeräten montiert werden können (Board Mount Optical Engines – BMOEs).  
*Partner: ADVA Optical Networking SE, AEMtec, FCI Deutschland GmbH, Finetech, Fraunhofer HHI, Fraunhofer IZM, IHP & IHP Solutions GmbH, Ranovus, Sicoya, TU Berlin, Vertilas*  
*Projekträger: VDI Technologiezentrum GmbH*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

#### Hochintegriertes Radarmodul im 122 GHz-Bereich

Die Arbeiten umfassen die Entwicklung der Basisbandhardware eines hochintegrierten Radarmoduls für den exemplarischen Einsatz an einem Quadcopter und konzentrieren sich auf die Entwicklung von neuen Konzepten zum Bau eines miniaturisierten Basisband-Hardwaremoduls mit hochstabiler Spannungsversorgung, Frequenzrumpengenerierung und gemischt analog-digitaler Hardware zur Basisbandsignalverarbeitung.  
*Partner: AirRobot GmbH, PKTEC GmbH, Silicon Radar GmbH, Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP), Karlsruhe Institute of Technology (KIT)*  
*Projekträger: AiF Projekt GmbH*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*

#### REAL100G.com – Mixed-Mode-Baseband für 100 Gbit/s Funkkommunikation

Das Real100G.com-Projekt hat die Bereitstellung eines umsetzbaren Weges für die technisch umfassende, skalierbare und energieeffiziente Verwirklichung von Funkstrecken mit Datenraten von 100 Gbit/s und mehr zum Ziel. Das Übertragungskonzept arbeitet mit mittleren spektralen Effizienzen von 2–3 bit/s/Hz in einem ultrabreitbandigen RF-Bereich.  
*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

#### Effektiv – Effiziente Fehlereffektsimulation mit virtuellen Prototypen zur Qualifikation intelligenter Motion-Control-Systeme in der Industrieautomatisierung

Das Projekt hat zum Ziel, die Reaktion komplexer Fertigungssysteme und Systeme der Automobil- und Sicherheitstechnik mittels sog. Virtueller Prototypen gegen Fehler abzusichern, die in den bisherigen Tests mit realen Hardware-Aufbauten kaum oder gar nicht durchgespielt werden können.  
*Partner: Infineon Technologies AG, Robert Bosch GmbH, Siemens AG und akademische Partner*  
*Projekträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

### Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- ADVA Optical Networking SE, Berlin
- advlCo microelectronics GmbH, Recklinghausen
- AEMtec, Berlin
- AirRobot GmbH, Arnsberg
- Dr. Wolf Wireless GmbH, Berlin
- dSPACE GmbH, Paderborn
- FCI Deutschland GmbH, Berlin
- IHP – Leibniz Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt/Oder
- Infineon Technologies AG, München
- PKTEC Pauli & Kayser Ingenieurgesellschaft mbH, Karlsruhe
- Ranovus, Nürnberg
- Robert Bosch GmbH, Reutlingen
- Robert Bosch GmbH, Schneverdingen
- Sicoya, Berlin
- Siemens AG, Nürnberg
- Silicon Radar, Frankfurt/Oder
- Vertilas, Garching
- Wincor Nixdorf, Paderborn

### Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Prof. Krämer
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Dr. Viehl
- Karlsruhe Institute of Technology, Dr. Pauli, Prof. Zwick
- Technische Universität Berlin, Prof. Woggon
- Technische Universität München, Prof. Schlichtmann
- Universität Bremen, Prof. Drechsler
- Universität Stuttgart, Prof. Kallfass
- Universität Tübingen, Prof. Bringmann
- Politecnico di Milano, Dr. Matteucci, Prof. Bonarini



Vereinzel von Blattgut“), Europäisches Patentamt, United States Patent and Trademark Office (Christopher Lankeit, Matthias Lochbichler)

- Abschluss mit Auszeichnung: Fakultätspreis der Fakultät Maschinenbau an Robin Schütte

#### Weitere Funktionen Additional functions

- Mitglied im acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Sprecher Fraunhofer Projektgruppe Mechatronik
- Mitglied im IFAC TC 7.1 Automotive Control
- Mitglied der Graduate School on Dynamic Intelligent Systems
- Mitglied im internationalen Promotionskolleg ISA „Intelligente Systeme in der Automatisierungstechnik“
- 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)
- Beirat des L-LAB

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

##### it's OWL – Querschnittsprojekt Selbstoptimierung (SO)

Das Projekt unterstützt die am Spitzencluster beteiligten Unternehmen beim Entwurf selbstoptimierender (s. o.) Regelungen. Ziel des Projektes ist die anwendungsorientierte Weiterentwicklung s. o. Regelungen und Formalisierung des Entwurfsprozesses. Weiterhin werden ein Leitfaden und eine Bibliotheksstruktur aufgebaut, die den Anwender beim Entwurf s. o. Regelungen unterstützen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### it's OWL – Querschnittsprojekt Systems Engineering (SE)

Systems Engineering trägt zur sicheren und schnellen Entwicklung multidisziplinärer Systeme bei. Grundlage des Instrumentariums sind disziplinübergreifende Modellierungstechniken, die ein gemeinsames Systemverständnis schaffen. Hinzu kommen Verfahren und Werkzeuge

zur durchgängigen Simulation und Optimierung.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### it's OWL – Innovationsprojekt Intelligenter und optimierter Teig Knetprozess (InoTeK)

Ziel der Kooperation des Lehrstuhls mit einem regionalen Backmaschinenhersteller ist die Entwicklung einer intelligenten Informationsverarbeitung zur Führung des industriellen Teig-Knetprozesses. Die Grundlage hierfür bilden geeignete System- und Prozessmodelle, deren Detaillierungsgrad vor dem Hintergrund der komplexen Interaktion zwischen Teig und Knetmaschine an die Aufgabe angepasst ist.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### it's OWL – Innovationsprojekt Scietific Automation (ScAut)

Ziel dieser Kooperation des Heinz Nixdorf Instituts mit vier regionalen Industrieunternehmen ist eine Plattform für die Entwicklung und den echtzeitfähigen Betrieb intelligenter Produktionssysteme. Die Integration neuartiger Technologien und Verfahren in die Automatisierungstechnik erfolgt dabei in Form wiederverwendbarer Lösungselemente, die als Hard- oder Softwarekomponenten bereitgestellt werden können.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### it's OWL – Innovationsprojekt Ressourceneffiziente Selbstoptimierende Wäscherei (ReSerW)

Ziel ist die Entwicklung einer Referenzarchitektur für Wäschereianlagen, welche es gestattet, konkrete Anlagen zu modellieren. Darüber hinaus werden physikalisch motivierte Verhaltensmodelle der Komponenten, Maschinen und der Gesamtanlage erstellt mit dem Ziel, das mechanische, elektrische, thermische und fluidische Verhalten im Betrieb auf allen Systemebenen zu simulieren.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### it's OWL – Innovationsprojekt Intelligente vernetzte Systeme für automatisierte Geldkreisläufe (InverSa)

Im Rahmen des Spitzenclusterprojekts InverSa soll ein intelligenter Automat zur flexiblen Handhabung von Bargeld entwickelt werden. Der Lehrstuhl für Regelungstechnik und Mechatronik wird sich innerhalb dieses Projektes mit dem modellbasierten Entwurf des Automaten

sowie der Entwicklung von Steuerungs- und Regelungskonzepten befassen.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### it's OWL – Transferprojekt Virtuelle Inbetriebnahme eines Fertigungszentrums – (VInef)

In Kooperation mit der Firma ELHA-Maschinenbau Liemke KG waren die Ziele die Entwicklung einer anforderungsgerechten Vorgehensweise für die VIBN im Sinne des Systems Engineering und die Erstellung einer Methode zur Ableitung geeigneter Testfallchecklisten.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

##### Entwicklung eines Achsprüfstands zur HiL-Simulation von mechatronischen PKW-Achsen

Ziel ist die Entwicklung einer HiL-Umgebung für die Entwicklung mechatronischer PKW-Achsen. Geplant sind Forschungstätigkeiten zur Regelung der Anregungseinheiten, um die erforderliche Bandbreite für die Einbindung in eine HiL-Simulation zu erreichen. Weitere Forschungsarbeiten sollen sich mit der Reproduzier- und Skalierbarkeit der HiL-Simulationen befassen.  
*Förderinstitution: Internes Projekt*

##### Optimalsteuerung für ein Mehrfachpendel-system

Das unteraktuierte, nichtlineare Mehrfachpendelsystem dient zur Entwicklung und Analyse fortschrittlicher Steuer- und Regelstrategien. Es kann mit zwei oder auch drei Pendelarmen betrieben werden. Für das chaotische Pendelsystem können optimale Trajektorien zwischen verschiedenen Ruhelagen berechnet werden. Dabei können verschiedene Ziele, wie z. B. Energieverbrauch und Manöverzeit berücksichtigt werden.  
*Förderinstitution: internes Projekt*

##### Test- und Trainingsumgebung für fortgeschrittene Fahrerassistenzsysteme (TRAFFIS)

Das Projekt „TRAFFIS“ wird vom Heinz Nixdorf Institut in enger Kooperation mit vier Industrieunternehmen durchgeführt. Ziel ist, die Entwicklung und Erprobung fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme entlang der gesamten Wertschöpfungskette deutlich zu verbessern und signifikant zu verkürzen. Im Kern des Vorhabens steht der Fahrsimulator: Durch neue Methoden zur effizienten Bildung virtueller Umgebungen und deren Echtzeitverarbeitung im Rahmen eines Hardware-in-the-Loop Ansatzes soll das Verhalten moderner Fahrzeugsysteme

wirklichkeitstreu nachgebildet werden.

*Förderinstitution: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen*

##### Online-Trajektorien-Planung am Beispiel des Mehrfachpendels

Der Fokus dieses Forschungsvorhabens liegt auf der Erarbeitung von neuartigen Verfahren zur Online-Berechnung von Trajektorien. Serienroboter benötigen in einer statischen Arbeitsumgebung meist vorgegebene Trajektorien. Im Vergleich dazu erfordert eine dynamische Umgebung eine Echtzeit-Planung. Am Beispiel eines Mehrfachpendels mit nichtlinearem, unteraktuiertem und chaotischem Verhalten wird das Vorhaben erprobt.  
*Förderinstitution: International Graduate School of Intelligent Systems in Automation Technology*

##### Analyse und Synthese von Hardware-in-the-Loop/(HiL) – Prüfständen

Die Kernaufgabe dieses Projekts ist die Ausarbeitung einer systemtheoretischen Methodik, welche im Entwicklungsprozess von HiL-Prüfständen angewendet werden soll. Diese soll den modellbasierten Entwurf erleichtern und zu einer Performancesteigerung bei der Nachbildung des dynamischen Verhaltens führen. Der Fokus dieser Methodik liegt auf der Betrachtung systemdynamischer Ähnlichkeiten zwischen realem System und Prüfstandsystem.  
*Förderinstitution: International Graduate School*

##### Regelungsstrategien für Lastemulator höher Leistungsklasse

Die Aufgabe des Projektes liegt in der Erforschung der Regelungsstrategien und der Auswahl der optimalen leistungselektronischen Konfiguration des Lastemulators höher Leistungsklasse (150 kW) mit Rücksichtnahme der flexiblen Systemanforderungen. Die Auswertung der Regelungsstrategien wird auf Basis der analytischen und simulationsbasierten Untersuchungen durchgeführt. Die optimal ausgewählte Strategie muss auf den Emulator-Prototyp implementiert und durch eine Reihe der Testversuche erprobt werden.  
*Förderinstitution: International Graduate School*

##### Tutorenprogramm und Vertiefungsberatung stellen Weichen in entscheidenden Phasen des Student Life-Cycles

Im Rahmen des Bund-Länder-Programms Qualitätspakt Lehre werden im Bereich Maschinenbau Maßnahmen erarbeitet, die in kritischen Phasen des Studiums unterstützen sollen. Beim Studienstart helfen speziell eingerichtete, von Tutoren begleitete Lerngruppen den Studierenden, sich schneller untereinander zu vernetzen. Sie erfahren dabei eine verbesserte Betreuung auf Augenhöhe, um Studienabbrüchen entgegenzuwirken. Eine Beratung der Studierenden bei der Wahl der Vertiefungsrichtung im Bachelor- und Masterstudiengang beugt einer unnötigen Verlängerung des Studiums vor.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

## Wissenschaftstheorie und Philosophie

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Publikationen Publications

Peckhaus, Volker: 4 Rezensionen für Mathematical Reviews.

Peckhaus, Volker: 4 Rezensionen für Zentralblatt der Mathematik.

Peckhaus, Volker: Ernst Schröder on Pasigraphy. In: Revue d'histoire de sciences 67 (2014), S. 207 – 230 (Dossier De la logique philosophique à la logique mathématique). Published 2015.

### Promotionen PhD Theses

Andrea Reichenberger

#### Émilie du Châtelets Institutions physiques im Kontext der vis-viva-Kontroverse

Das naturphilosophische Werk von Émilie du Châtelets (1706 – 1749) wird in den Kontext der sogenannten vis-viva-Kontroverse eingeordnet. Diese Kontroverse um die Bestimmung des wahren Kraftmaßes ist für die Physikgeschichte von großer Bedeutung, weil die heute in der klassischen Physik üblichen Bestimmungen von Kraft ( $F = ma$ ), Impuls ( $p = mv$ ) und kinetischer Energie ( $E = \frac{1}{2}mv^2$ ) noch nicht gegeben waren. Die Debatte führte erst zum heutigen Begriffsgefüge der klassischen Physik.

Alexander Nowak

#### “You do not Improve a Bad Idea by Iterating it”. Supervaluationismus – Vagheit – Sainsbury

Die Arbeit ist ein Beitrag zur Semantik vager Begriffe und damit ein Beitrag zur Semantik der natürlichen Sprache, aber auch zur formalen Semantik. Im Zentrum steht der Supervaluationismus, der sich heute als Standardtheorie zur Analyse von Vagheit in Sprachphilosophie und Logik etabliert hat.

Anna-Sophie Heinemann

#### Quantifikation des Prädikats und numerisch definierter Syllogismus. Die Kontroverse zwischen Augustus de Morgan (1806 – 1871) und Sir William Hamilton (1788 – 1856) als Beispiel für den Wandel der formalen Logik zwischen Algebra und Syllogistik im 19. Jahrhundert

Die Arbeit behandelt den Prioritätsstreit um die Quantifikation des Prädikats zwischen Augustus De Morgan und Sir William Hamilton,

der von 1847 an eine enorme Publizität in Großbritannien erfuhr.

### Weitere Funktionen Additional functions

- Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Dekan der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn (Wiederwahl 2010, 2015)
- Mitglied des Senats der Universität Paderborn
- Mitglied der Interakademischen Leibniz-Kommission (Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften)
- Stellvertretender Vorsitzender 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
- Mitglied des Scientific Committees der Zeitschrift Aporía. Revista internacional de investigaciones filosóficas
- Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des NRW Fortschrittskollegs Leicht – Effizient – Mobil (FK-LEM, seit Januar 2015)
- Head of Academy of Finland's Review Panel Philosophy 2015

## Philosophy of Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

- Mitwirkung im Editionsprojekt Oskar Becker, gefördert durch die DFG (V. Peckhaus)
- Mitwirkung an der Neuausgabe der Logik von Immanuel Kant, Akademieausgabe (V. Peckhaus)
- Englische Übersetzung von David Hilbert/ Paul Bernays, Grundlagen der Mathematik, Bd. 1, 1934 (V. Peckhaus, Miterhausgeber)
- Herausgabe der Werke von Paul Bernays (V. Peckhaus, Mitwirkung)
- Vergessene Aspekte in der Logik und Methode Kants. Dargelegt und interpretiert unter besonderer Berücksichtigung der ‚Kritik der Urteilskraft‘ (Eigenprojekt Maja Schepelmann)
- Phänomen und Konstrukt. Oskar Beckers Philosophie der Mathematik (Eigenprojekt Ronny Becker)



## So finden Sie uns

## How to find us

### 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 1,5 km fahren Sie an der Ausfahrt Paderborn/Schloss-Neuhaus von der 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 nach 300 m auf der rechten Seite.

### Travelling by car

From the A33 take the exit Paderborn-Elsen. Turn onto main road B1 towards Bad Lippspringe/Detmold. After 1.5 km leave B1 at the exit Paderborn/ Schloss Neuhaus. Continue straight ahead at the traffic lights (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) onto the Heinz-Nixdorf-Ring and turn left at the next set of lights (Heinz-Nixdorf-Ring, Fürstenallee) onto Fürstenallee. The Heinz Nixdorf Institute is 300 m along this street on the right-hand side.

### Anreise mit dem Flugzeug

Vom Flughafen Paderborn/Lippstadt nehmen Sie ein Taxi (25 Minuten, ca. 35 Euro) oder die Buslinie 400/460 in Richtung Paderborn HBF. Vom Hauptbahnhof fahren Sie mit der Linie 11 in Richtung Thuner Siedlung bis zur Haltestelle MuseumsForum (Gesamtfahrzeit ca. 50 Minuten)

### Travelling by air

From Paderborn/Lippstadt airport take a taxi (25 minutes, approx. 35 Euro) or take bus No. 400/460 towards Paderborn main station. From the main station take bus No. 11 towards Thuner Siedlung and get off at the Museums-Forum stop (total journey time approx. 50 minutes).

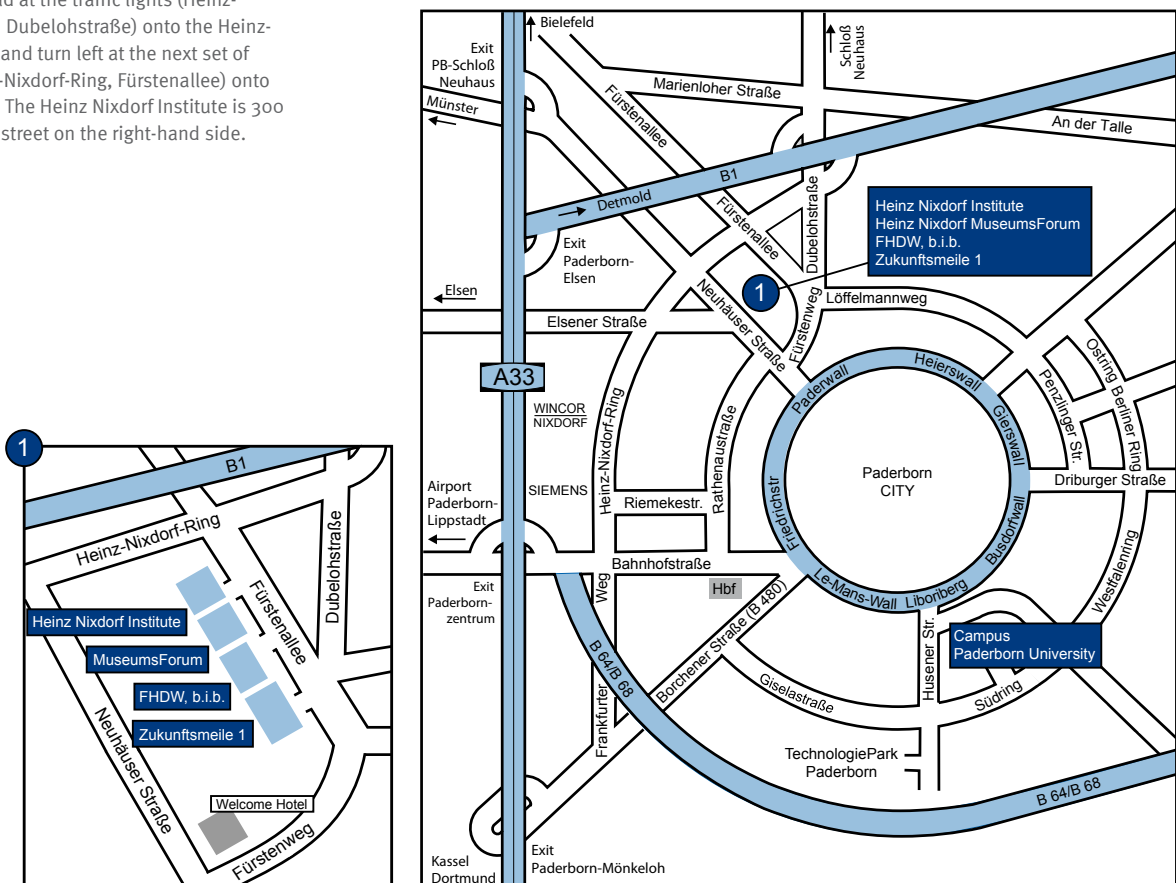
### Anreise mit der Bahn

Vom Paderborner Hauptbahnhof nehmen Sie ein Taxi (10 Minuten, ca. 8 Euro) oder die Buslinie 11 in Richtung Thuner Siedlung bis zur Haltestelle MuseumsForum (ca. 10 Minuten).

### Travelling by train

From Paderborn main station take a taxi (10 minutes, approx. 8 Euro) or take bus No. 11 towards Thuner Siedlung and get off at the MuseumsForum stop (approx. 10 minutes)

Heinz Nixdorf Institut  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn



## Impressum

### Herausgeber

Heinz Nixdorf Institut  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
(Vorstandsvorsitzender)

### Redaktion & Koordination

Anna Steinig, M.A.  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 09  
E-Mail: redaktion@hni.upb.de

### Kontakt

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Telefon: +49 (0) 5251 | 60 62 11  
Telefax: +49 (0) 5251 | 60 62 12  
www.hni.uni-paderborn.de

### Auflage

1.100 Exemplare

### Realisierung und Herstellung

Jana Brockmann, Polina Decheva, Sven Lindhorst-Emme,  
Carolin Seelig, Anna Steinig

### Bildnachweise

Seiten 12/13: © Fotolia, Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Seiten 16/17: © Fotolia, contrastwerkstatt  
Seiten 18/19: © Fotolia, alphaspirt  
Seiten 20/21: © Fraunhofer IPT-EM  
Seiten 30/31: © Fotolia, annavaczi  
Seiten 34/35: © Fraunhofer IPT-EM  
Seiten 52/53: © Fotolia, Alterfalter  
Seite 55: © Fotolia, Hamik  
Seite 58: © iStockphoto, RicAguiar  
Seiten 64/65: © Thomas Reimer, TU Berlin, fovito, Wavebreak-mediaMicro, Michael Nivelet, djama, Matthias Buehner, Cybrain, Visual Concepts, ra2 studio, Nikolai Sorokin, Dmytro Titov, bluesdesign, Sebastian Duda, mojolo, stockWERK, fotodesign-jegg.de, Torbz, Stephen Coburn, Beboy  
Seiten 76/77: © Fotolia, everythingpossible  
Seite 81: © Fotolia, riccardomojana  
Seite 83: © Fotolia, Coloures-pic  
Seiten 116/117: © Fotolia, bluebay2014  
Seiten 120/121: © Fotolia, Victoria

### Druck

W.V. Westfalia Druck GmbH | Eggertstraße 17  
33100 Paderborn | www.westfaliadruck.de

### Berichtszeitraum

1. Januar bis 31. Dezember 2015

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.

## Imprint

### Publisher

Heinz Nixdorf Institute  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
(President)

### Editor & coordination

Anna Steinig, M.A.  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 09  
E-mail: redaktion@hni.upb.de

### Contact

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institute  
Paderborn University  
Fuerstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49 (0) 5251 | 60 62 11  
Fax: +49 (0) 5251 | 60 62 12  
www.hni.uni-paderborn.de/en

### Circulation

1,100 Copies

### Realisation and production

Jana Brockmann, Polina Decheva, Sven Lindhorst-Emme,  
Carolin Seelig, Anna Steinig

### Picture credits

Pages 12/13: © Fotolia, Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Pages 16/17: © Fotolia, contrastwerkstatt  
Pages 18/19: © Fotolia, alphaspirt  
Pages 20/21: © Fraunhofer IPT-EM  
Pages 30/31: © Fotolia, annavaczi  
Pages 34/35: © Fraunhofer IPT-EM  
Pages 52/53: © Fotolia, Alterfalter  
Page 55: © Fotolia, Hamik  
Page 58: © iStockphoto, RicAguiar  
Pages 64/65: © Thomas Reimer, TU Berlin, fovito, Wavebreak-mediaMicro, Michael Nivelet, djama, Matthias Buehner, Cybrain, Visual Concepts, ra2 studio, Nikolai Sorokin, Dmytro Titov, bluesdesign, Sebastian Duda, mojolo, stockWERK, fotodesign-jegg.de, Torbz, Stephen Coburn, Beboy  
Pages 76/77: © Fotolia, everythingpossible  
Page 81: © Fotolia, riccardomojana  
Page 83: © Fotolia, Coloures-pic  
Pages 116/117: © Fotolia, bluebay2014  
Pages 120/121: © Fotolia, Victoria

### Printed by

W.V. Westfalia Druck GmbH | Eggertstraße 17  
33100 Paderborn | www.westfaliadruck.de

### Period of review:

1 January until 31 December 2015

ISSN 1619-3679

The Heinz Nixdorf Institute's annual report is, to the greatest extent, published in accordance to the latest official German orthography rules.

© Heinz Nixdorf Institute, Paderborn University  
All rights, in particular the right for copies and circulation as well as translation are reserved. Every use is prohibited without the accordance of the publisher.

**HEINZ NIXDORF INSTITUT**  
UNIVERSITÄT PADERBORN

Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Telefon: +49(0) 5251 | 60 62 11  
Telefax: +49(0) 5251 | 60 62 12

[www.hni.uni-paderborn.de](http://www.hni.uni-paderborn.de)

Fuerstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49(0) 5251 | 60 62 11  
Fax: +49(0) 5251 | 60 62 12

[www.hni.uni-paderborn.de/en](http://www.hni.uni-paderborn.de/en)