

# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



## **Mitglieder des Vorstands**

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

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

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

Prof. Dr. Eric Bodden  
Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler\*  
Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  
Prof. Dr. Eyke Hüllermeier  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil  
Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus\*  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt\*  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler (Vorsitzender/chairman)\*

\* Mitglieder im geschäftsführenden Vorstand

\* Members of Executive Board

#### **Ehrenmitgliedschaften:**

##### **Honorary Membership:**

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
Prof. Dr. rer. nat. Burkhard Monien  
Prof. Dr. rer. nat. Franz Josef Rammig

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

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

Till Knollmann, M.Sc.  
Phillip Traphöner, M.Sc.

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

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

Dipl.-Ing. Wilfried Bröckelmann

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

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

Julius Erdmann

## **Mitglieder des Kuratoriums**

### **Members of curatorship**

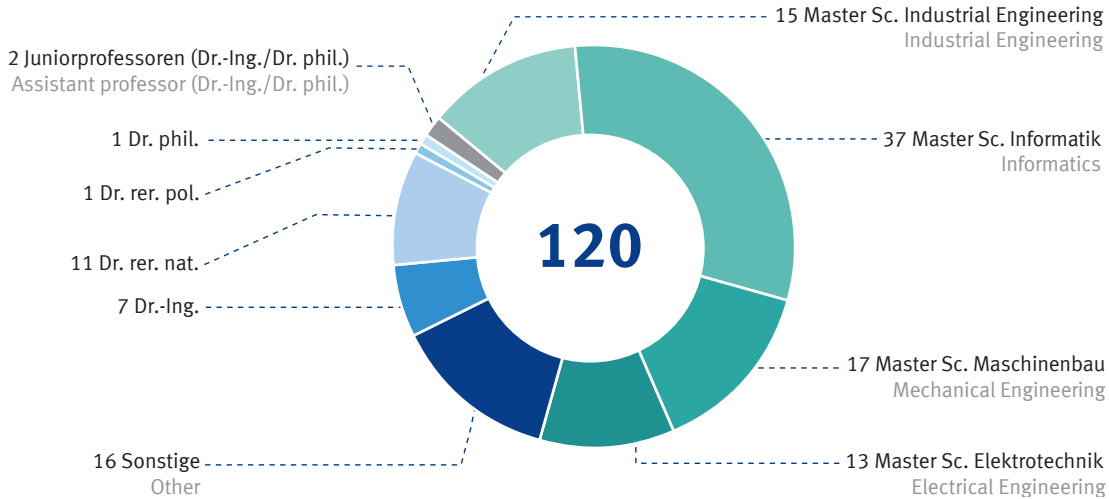
Michael Dreier, Bürgermeister der Stadt Paderborn  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Kraemer, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Prof. Dr. Jan Lunze, Ruhr-Universität Bochum  
Dr.-Ing. Horst Nasko, stv. Vorsitzender der Stiftung Westfalen  
Prof. Dr. Birgitt Riegraf, Präsidentin der Universität Paderborn  
Dr. Eduard Sailer  
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

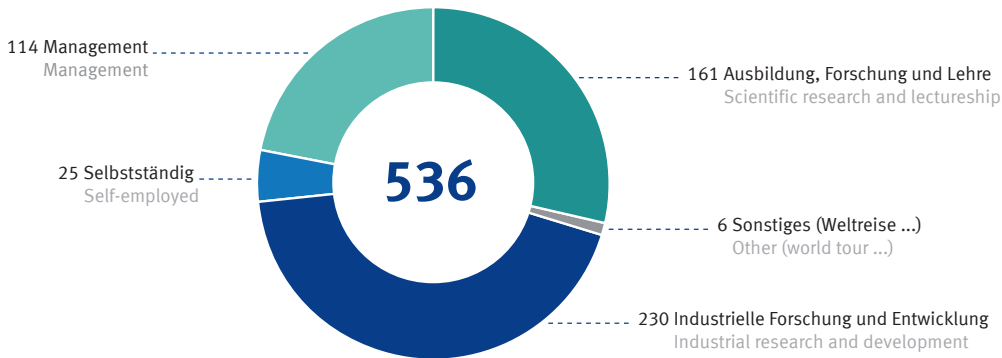


## Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

### Activities of employees with PhD

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

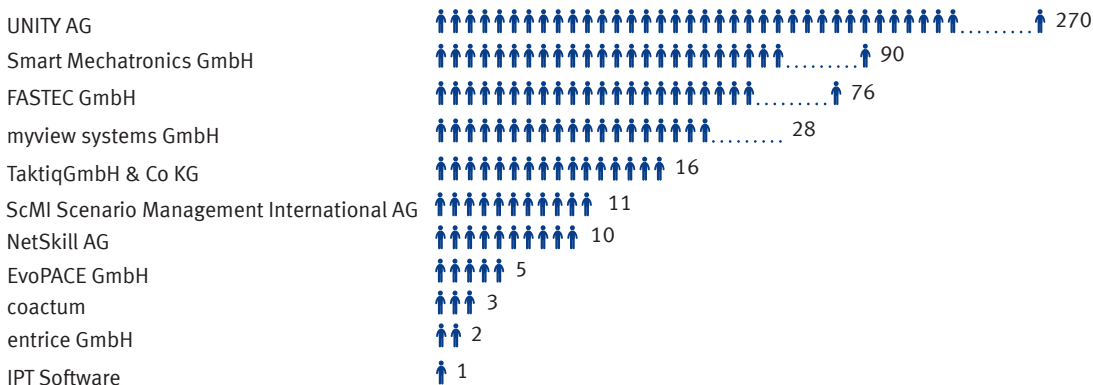


## Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut

### Jobs at spin-offs of the Heinz Nixdorf Institute

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

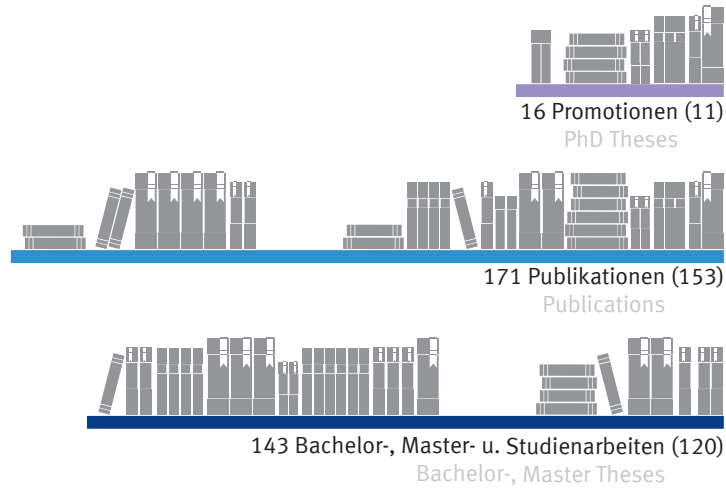


## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

### Scientific results and publications

(Vorjahr 2018)

(Previous year 2018)



## Drittmittel

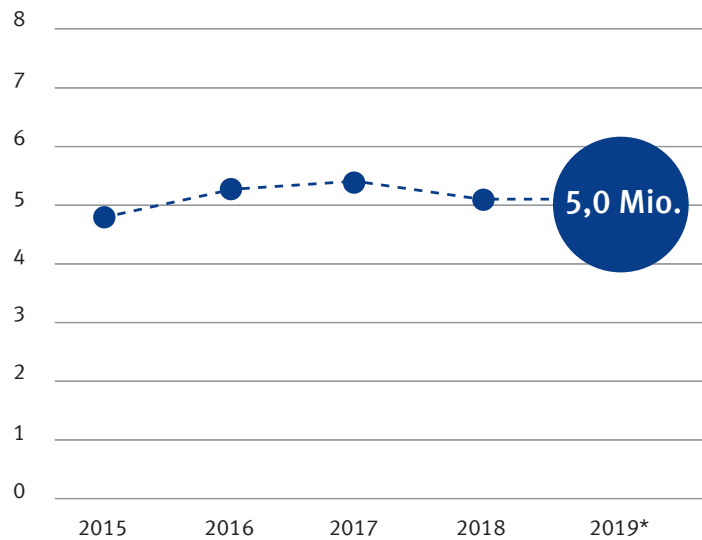
### External funds

Drittmittel in Mio. EURO

Third-party funds in Mill. EUR

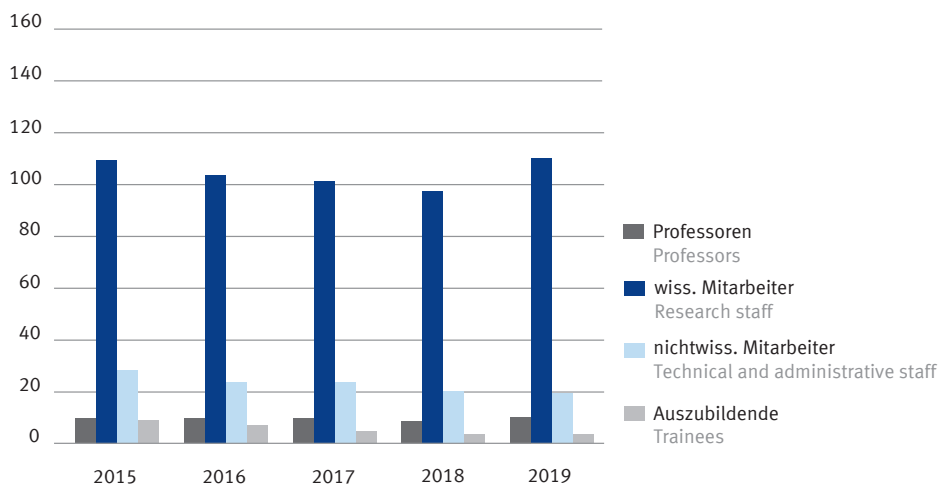
\*geschätzter Wert

\*estimated value



## Anzahl der Beschäftigten

### Number of employees



# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



Jahresbericht  
Annual Report **2019**

---

## Wir sind ...

---

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

Auf dem Weg zu diesen Systemen wachsen Informatik und Ingenieurwissenschaften zusammen. Dies bestimmt unser Denken und Handeln: Wir entwerfen Konzeptionen für intelligente technische Systeme, die anpassungsfähig, robust und benutzungsfreundlich sind und vorausschauend handeln. Das erfordert neue Herangehensweisen, Methoden und Techniken, die wir liefern. Im Wettbewerb wollen wir uns als führendes interdisziplinäres Forschungsinstitut für Methoden und Technologien für intelligente Systeme positionieren.

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 20 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

---

## We are ...

---

...an interdisciplinary research institute. Our research focuses on intelligent technical systems.

Computing and engineering are growing together on the path to developing these systems. This determines how we think and act: we develop concepts for intelligent technical systems that are adaptable, robust, user-friendly and able to anticipate. This requires new approaches, methods and technologies, which we supply. We are aiming to position ourselves against the competition as a leading interdisciplinary research institute for intelligent system methodologies and technologies.

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 20 young researchers complete their doctorate at our institute.

---

## Inhalt

---

### Allgemeine Darstellung

<b>Umschlag vorne</b>	<b>Das Institut in Zahlen</b>
<b>Seite 6</b>	<b>Unser Leitbild</b>
<b>Seite 8</b>	<b>Unser Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte</b>
<b>Seite 30</b>	<b>Strategische Kooperationen</b>
<b>Seite 42</b>	<b>Internationalität</b>
<b>Seite 44</b>	<b>Engagement in der Nachwuchsförderung</b>

---

### Fachgruppen des Instituts

<b>Seite 54</b>	<b>Softwaretechnik</b> <b>Prof. Dr. Eric Bodden</b>
<b>Seite 66</b>	<b>Verteilte Eingebettete Systeme</b> <b>Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler</b> <b>Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer</b>
<b>Seite 78</b>	<b>Advanced Systems Engineering</b> <b>Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu</b>
<b>Seite 90</b>	<b>Produktentstehung</b> <b>Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler</b>
<b>Seite 102</b>	<b>Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen</b> <b>Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier</b>
<b>Seite 114</b>	<b>Algorithmen und Komplexität</b> <b>Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide</b>
<b>Seite 130</b>	<b>Schaltungstechnik</b> <b>Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt</b>
<b>Seite 142</b>	<b>Regelungstechnik und Mechatronik</b> <b>Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler</b>

### Assoziierte Fachgruppe

<b>Seite 154</b>	<b>Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik</b> <b>Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus</b>
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

---

## Content

---

### General description

Statistics of the institute	Cover inside
Our guiding principles	Page 7
Our research programme and priority projects in research	Page 9
Strategic cooperations	Page 31
Internationality	Page 43
Commitment to support young researchers	Page 45

---

### Workgroups of the institute

Software Engineering Prof. Dr. Eric Bodden	Page 55
Distributed Embedded Systems Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler Assistant Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer	Page 67
Advanced Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu	Page 79
Product Creation Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler	Page 91
Intelligent Systems and Machine Learning Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier	Page 103
Algorithms and Complexity Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide	Page 115
System and Circuit Technology Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt	Page 131
Control Engineering and Mechatronics Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler	Page 143

### Associated workgroup

Philosophy of Science and Technology Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus	Page 155
-------------------------------------------------------------------------	----------



## Weitere Aktivitäten

**Seite 162** **Publikationen**

**Promotionen**

**Messen, Tagungen, Seminare**

**Patente, Preise, Auszeichnungen**

**Weitere Funktionen**

**Spin-Offs**

**Aktuelle Forschungsprojekte**

**Aktuelle Industriekooperationen**

**Wissenschaftliche Kooperationen**

**Seite 196** **So finden Sie uns**

**Umschlag** **Impressum**

## Additional activities

**Publications** [Page 163](#)

**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 196](#)

**Imprint** [Cover](#)



## 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, Beschäftigung braucht Innovation, 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

»» 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. ««

Heinz Nixdorf, † 1986

## Our guiding principles

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. Wir arbeiten strategisch mit dem Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM zusammen, das von Professoren aus dem Heinz Nixdorf Institut geführt wird.

### 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.

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 engagement, engagement requires innovation, innovation requires education. This is the guiding principle behind what we do.

### 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. We cooperate strategically with the Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM, run by professors from the Heinz Nixdorf Institute.

### Commitment to supporting young talent

We are deeply committed to providing our students and postgraduate doctoral candidates with all 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 technische Systeme im Blick, die auf dem Zusammenwirken von Ingenieur-, 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 stark bestimmt durch Ressourceneffizienz, Usability und Verlässlichkeit.

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 beispielsweise energieeffiziente Maschinen und Kraftfahrzeuge, „green IT“ usw.
- 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 situations-sensitiv 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.

Durch die digitale Transformation erfährt der Umgang mit Daten eine erheblich größere Bedeutung; es entstehen neue

Geschäftsmodelle, welche etablierte Wertschöpfungsketten völlig umgestalten.

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

Dazu befassen wir uns mit Vorgehensmodellen, Spezifikations- und Modellierungstechniken, Entwurfs- und Testmethoden, IT-Werkzeugen zur Synthese und Analyse und technologischen Konzepten, die wir sowohl disziplinspezifisch weiterentwickeln wie auch in gemeinsamen Forschungsprojekten zusammenführen. Vor diesem Hintergrund ergibt sich für uns eine ausgezeichnete Möglichkeit zur Profilierung: Wir wollen uns als das

---

## Our research programme

---



We 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 industry. The market success of products deriving from these industries will 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, with areas of action including energy-efficient machinery and vehicles, 'green IT' etc.
- 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.

Digital transformation means that data handling is becoming significantly more important; new business models are being created that completely reconfigure established value chains.

This requires new approaches to designing the technical systems of the future: information technology and also non-technical disciplines such as cognitive science and neurobiology provide a wide range of methods, technologies and processes that enable sensor, actuator and cognitive functions previously only found in biological systems to 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 work with procedure models, specification and modelling techniques, design and testing methodology, IT tools for synthesis and analysis, and technological concepts, which we develop further specific to each discipline and also together in joint research projects. This contexts provides us with an outstanding profiling opportunity: we want to position ourselves as a leading institute in the interdisciplinary design of intelligent technical systems.

### 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

führende Institut auf dem Gebiet interdisziplinärer Entwurf für Intelligente Technische Systeme positionieren.

### Strukturierung unseres Forschungsprogramms

Wir gliedern unser Forschungsprogramm entlang der Dimensionen Forschungskompetenzen und Anwendungsbereiche. Forschungskompetenzen verdeutlichen die Schwerpunkte unserer Forschungsarbeiten; Anwendungsbereiche zeigen, wofür wir diese Kompetenzen einsetzen, um gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen zu erzeugen.

#### Forschungskompetenzen

Als interdisziplinäres Forschungsinstitut bündeln wir die Kompetenzen unserer Fachgruppen im Hinblick auf die gemeinsam erarbeitete Zielsetzung des Entwurfs intelligenter technischer Systeme. Unser Fokus liegt heute auf folgenden fünf Bereichen:

- 1) **Selbstoptimierung, Lernen 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, Sensorik und Kommunikation in verteilten Systemen:** In verteilten Systemen agiert eine mechatronische Komponente in einem Verbund vernetzter Teilsysteme, die kommunizieren und kooperieren. Es sind Softwarelösungen gefragt, die eine nachweisbare Übertragungsqualität garantieren. Wichtig, um dieses Ziel zu erreichen, sind mehrschichtige Softwarearchitekturen.
- 3) **Safety und Security:** Die Betrachtung von Safety-Eigenschaften ist eine Kernfragestellung im Entwurf Intelligenter Technischer Systeme und Bestandteil heutiger Entwicklungsmethodiken. Ziel ist es, diese Methodiken so zu erweitern, dass die entworfenen Systeme „Secure by Design“ sind, also aufgrund ihres Entwurfs auch aktiven Angriffen möglichst gut standhalten können. Im Gegensatz zur Safety-Problematik bedarf dies insbesondere einer Minimierung der Angriffsfläche und somit der notwendigen Funktionalität.
- 4) **Entwurfsmethodik:** Im Sinne der Nutzerzentrierung steht „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.
- 5) **Strategische Planung und Wissensorganisation:** Die konsequente Ausrichtung am Kundennutzen führt zu Systemen, die den Kunden begeistern. Hierfür muss Kenntnis über die Verwendung ähnlicher Produkte gewonnen werden. Auf dieser Datenbasis werden Anwendungsszenarien generiert.

#### Anwendungsbereiche

Angestrebt ist die Realisierung konkreter technischer Systeme, die Nutzen stiften bzw. Bedürfnisse erfüllen. Dies soll in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft erfolgen. So fördern wir den Austausch mit der Praxis und validieren die von uns erarbeiteten Verfahren. Folgende Anwendungsbereiche sind für uns relevant.

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

Die dargestellte Grafik zeigt 20 repräsentative Forschungs- und Entwicklungsprojekte; einige werden auf den folgenden Seiten vorgestellt.

Research Competencies Application Areas	1 Self-Optimisation, Learning and Reconfiguration	2 Mechatronics, Sensing & Communication in Distributed Systems	3 Safety & Security	4 Design Methodology	5 Strategic Planning and Knowledge Management
A) Intelligent Technical Systems, Cyber-Physical Systems	it's OWL	it's OWL	it's OWL	it's OWL	it's OWL
		Smart Headlamp Technology	Smart Headlamp Technology	Smart Headlamp Technology	DizRuPt
	Flexible Arbeitswelten		Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten
		L-Lab		OptiAMix	
	BATS	BATS		COMPACT	SeRoNet
				Leicht-Effizient- Mobil	
		SPP 2111		SPP 2111	
B) Distributed IT-Systems	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901	
		METERACOM	ANYWHERE	SAFE4I	ANYWHERE
		Safety 4 Bikes			
C) Sociotechnical Systems	iART				iART
	INTAGRAMM				INTAGRAMM
					SORISMA
					IMPRESS

Die Struktur des Forschungsprogramms und darin positionierte Schwerpunktprojekte  
Research programme and the positioning of  
priority projects

SFB 901: Seite 12 | Page 13  
SPP 2111: Seite 16 | Page 17  
Flexible Arbeitswelten: Seite 22 | Page 23  
it's OWL: Seite 34 | Page 35  
BATS: Seite 72 | Page 73  
DizRuPt: Seite 82 | Page 83  
IMPRESS: Seite 84 | Page 85  
SeRoNet: Seite 86 | Page 87  
ANYWHERE: Seite 96 | Page 97

work. The dimension application area shows the purpose for which we use our competencies in order to induce societal and economic value.

### 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 five areas:

- 1) Self-Optimisation, learning and reconfiguration: there is now an observable phenomenon of complex systems functioning despite a lack of 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, sensing, and communication 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) Safety and Security: Safety properties have long been of interest in the engineering of intelligent technical systems, which is why their assurance is an essential part of current engineering methodologies. Right now the institute's goal is to extend those methodologies such that the engineered systems will be "secure by design", i. e., by design can with-

stand malicious attacks. In contrast to safety engineering, this requires a minimization of the system's attack surface, and hence also it's required functionality.

- 4) 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.
- 5) 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) Sociotechnical systems

The figure shows 20 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 service-orientierten 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”

**SFB901**  
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 known as OTF Compute Centres, 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 Professor Friedhelm Meyer auf der Heide as Chairman with Professor Heike Wehrheim, Professor Marco Platzner and Professor Claus Jochen Haake as Deputy

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

### Die dritte und damit letzte vierjährige Projektphase des SFB startete am 1. Juli 2019

Durch unsere Arbeit in den vergangenen Jahren konnten wir bereits nachweisen, dass die Vision des On-The-Fly Computing durchführbar ist. 581 Peer-Reviewed-Publikationen zu speziellen Einzelfragestellungen sowie diverse prototypische Entwicklungen von Tools und Demonstratoren zum On-The-Fly Computing überzeugten die DFG-Gutachter im Frühjahr 2019 vom erarbeiteten Zwischenstand des Sonderforschungsbereichs und bildeten die Grundlage für die Zusage für „four more years“. Dabei beeindruckte die Gutachter insbesondere auch der für die Anwendungsdomäne des „Automatischen Maschinellen Lernens“ entwickelte „Proof-of-Concept“ (kurz: PoC) und nicht zuletzt die hervorragenden Ergebnisse des Nachwuchsförderungskonzepts des SFB.

### Der PoC für ein Maschinelles Lernen-Szenario

Der Proof-of-Concept ist generell domänenunabhängig konzipiert, sodass er für alle Arten von On-The-Fly (OTF) Problemen eingesetzt werden kann. Zu Demonstrationszwecken haben wir den PoC allerdings für ein Anwendungsszenario optimiert, um maßgeschneiderte Machine Learning Services on-the-fly zu konfigurieren. Das Hauptproblem dabei ist die automatische Erstellung eines Lernprozesses, der auf der Grundlage vorgegebener Trainingsdaten ein prädiktives Modell (z. B. einen Klassifikator) erzeugt. Ein solcher Lernprozess besteht aus verschiedenen Algorithmen oder Softwarekomponenten, die entsprechend parametrisiert und miteinander kombiniert werden müssen. Das Ergebnis eines entsprechenden Auswahl- und Konfigurationsprozesses ist eine Machine Learning Pipeline.

Dieses Szenario für Automatisches Maschinelles Lernen hat die Merkmale eines OTF-Problems:

- Endnutzer müssen die zugrunde liegende Softwarearchitektur und die Einzelschritte in diesem Prozess nicht kennen,
- dem Benutzer wird ein ausführbarer Dienst in Form einer Machine Learning Pipeline zur Verfügung gestellt,
- dieser Service ist auf die individuellen Anforderungen (z. B. Trainingsdaten) optimiert und
- die Erbringung der Dienstleistung erfolgt quasi ad hoc

### Nachwuchsförderung im SFB – eine Zwischenbilanz

In der bisherigen Förderungszeit des SFB (1. Juli 2011 bis 31. Dezember 2019) konnten insgesamt 63 Promotionsvorhaben abgeschlossen werden – 14 davon von unseren Promovendinnen. 21 Promovendinnen bzw. Promovenden wurden aufgrund ihrer im SFB entstandenen Arbeiten besondere Auszeichnungen auf Konferenzen (Best Paper Awards) oder bei Wettbewerben (Wissenschafts- und Dissertations-Preise) zuteil. Als gezielte Förderung unserer Postdoktorandinnen bzw. Postdoktoranden haben wir in der bisherigen Förderungszeit 16 potenziellen Kandidatinnen bzw. Kandidaten für eine wissenschaftliche Karriere mehrwöchige Auslands-Forschungsaufenthalte (vorzugsweise in den USA oder UK) ermöglicht. Während der bisherigen Förderungszeit haben acht Postdoktorandinnen bzw. Postdoktoranden und neun Juniorprofessorinnen bzw. Juniorprofessoren nicht zuletzt aufgrund ihrer Arbeiten im SFB Rufe auf Professuren erhalten und angenommen. Dass die Fragestellungen und Themen des SFB maßgeblich auch in die Lehre und studentische Ausbildung eingeflossen sind, dokumentiert sich durch 266 Bachelor- und 155 Masterarbeiten mit SFB-Bezug.



Prof. Dr. Marie-Christine Jakobs (Bildmitte) erhielt für ihre im SFB entstandene ausgezeichnete Promotion und ihre darauf folgenden weiteren wissenschaftlichen Leistungen von den Präsidentinnen des ZONTA Club Paderborn, Petra Lettermann (links) und Bärbel Meerkötter (rechts), den ZONTA Wissenschaftspreis 2018.

Prof. Dr. Marie-Christine Jakobs (picture centre) received the ZONTA Science Award 2018 from the presidents of the ZONTA Club Paderborn, Petra Lettermann (on the left) and Bärbel Meerkötter (on the right), for her excellent doctorate at the CRC and her subsequent scientific achievements.



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



sfb901.upb.de

Chairmen and Dr. Ulf-Peter Schroeder as Executive Officer. In total, three workgroups from the Heinz Nixdorf Institute, eight university chairs from Computer Sciences, five university chairs from the Faculty of Economics and one university chair from the Faculty of Humanities are involved in the CRC.

### The third and final project phase of the CRC started on 1 July 2019 and is scheduled for four more years

Through our work over the past years, we have been able to demonstrate that the vision of On-The-Fly Computing is feasible. 581 peer-reviewed publications on specific individual issues and various prototypical developments of tools and demonstrators for On-The-Fly Computing convinced the DFG reviewers in spring of 2019 of the interim status of the Collaborative Research Centre and formed the basis for the commitment to “four more years”. The reviewers were particularly impressed by the proof-of-concept (PoC) developed for the application domain of “Automatic Machine Learning” and, last but not least, by the outstanding results of the CRC’s concept for the promotion of young researchers.

### The PoC for a Machine Learning Scenario

The Proof-of-Concept is designed domain agnostic, such that it can be adopted for any kind of On-The-Fly (OTF) problems. For illustration purposes, the PoC focuses on an application scenario to configure tailor-made Machine Learning Services on-the-fly. The main problem addressed is the automatic creation of a learning process that generates a predictive model (e.g. a classifier) on the basis of the given training data. Such a learning process consists of different algorithms or software components that have to be appropriately parameterised and combined with each other. The result of a corresponding selection and configuration process is a Machine Learning Pipeline. This Automatic Machine Learning Scenario has the characteristics of an OTF problem:

- end-users do not need to know the underlying software architecture and manual steps in this process,
- the user is provided with an executable service in the form of a Machine Learning pipeline,
- this service is optimised for the individual requirements (i. e. training data) and
- the provision of the service takes place within a short time.

### Promotion of young researchers in the CRC 901 – an interim balance

During the CRC’s funding period (1 July 2011 to 31 December 2019), a total of 63 doctoral projects were completed – 14 of them by our female doctoral students. 21 doctoral candidates received special awards at conferences (Best Paper Awards) or competitions (science and dissertation prizes) on the basis



Dr. Sevil Dräxler (Bildmitte) erhielt am 30. Oktober 2019 für ihre im SFB entstandene ausgezeichnete Promotion von den Präsidentinnen des ZONTA Club Paderborn, Bärbel Meerkötter (links) und Petra Lettermann (rechts), den ZONTA Wissenschaftspreis 2019.

Dr. Sevil Dräxler (picture centre) was awarded the ZONTA Science Prize 2019 on 30 October 2019 by the presidents of the ZONTA Club Paderborn, Bärbel Meerkötter (on the left) and Petra Lettermann (on the right), for her excellent doctoral thesis, which was developed in the CRC.

of their work in the CRC. As targeted support for our postdoctoral researchers, we have made it possible for 16 potential candidates for a scientific career to spend several weeks researching abroad (preferably in the USA or UK). During the funding period to date, eight postdocs and nine junior professors have received and accepted professorships, not least because of their work in the CRC. The fact that the questions and topics of the CRC have also been incorporated into teaching and student education is documented by 266 bachelor’s and 155 master’s theses with reference to the CRC.



Dr. Ulf-Peter Schroeder

E-mail: ups@upb.de

Phone: +49 5251 | 60 67 26



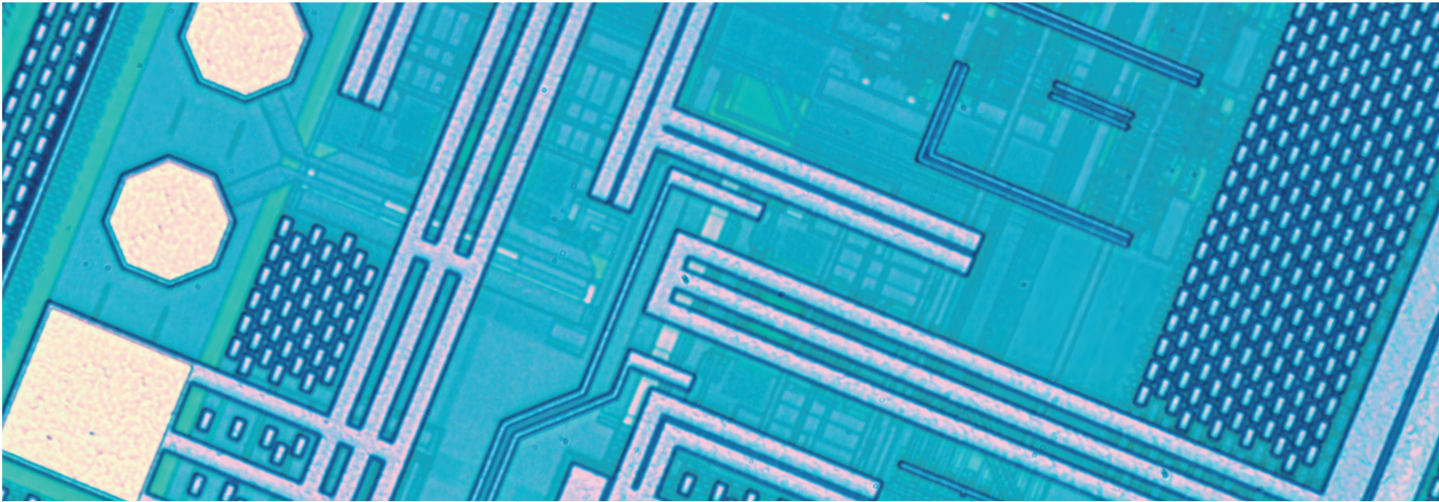
Supported by: German Research Foundation (DFG)



sfb901.upb.de

## DFG-Schwerpunktprogramm 2111 geht in die nächste Runde

Elektronisch-photonische Signalverarbeitung für sehr schnelle und energieeffiziente technische Systeme



Vom 18. bis 19. September fand in Paderborn am Heinz Nixdorf Institut das Statusmeeting des Schwerpunktprogramms 2111 mit über 38 Teilnehmern statt. Die Projekte berichteten über ihre bisherigen Forschungsergebnisse im Bereich von sehr schnellen energieeffizienten elektronisch-photonischen Schaltungen. Das Schwerpunktprogramm SP2111 wird von der DFG im 2. Jahr gefördert und von Professor Christoph Scheytt koordiniert.

Integrierte Photonik ermöglicht die Integration von elektro-optischen Komponenten in elektronisch-photonischen Schaltungen, mit allen ihren Vorteilen wie Kostenreduktion, Geschwindigkeit sowie Energieeffizienz. Gerade die Anbindung der Optik an die klassische elektronische Schaltungstechnik stellt die heutige Forschergeneration vor große Herausforderungen, ermöglicht aber auch völlig neue disruptive Systemarchitekturen. Im SPP 2111 konkretisieren sich drei Forschungsschwerpunkte heraus: ultrabreitbandige Signalverarbeitung, die das Internet noch schneller und energieeffizienter macht, optische Frequenzgeneratoren für ultraschnelle Metrologie im Terahertzbereich und schnelle Analog-Digital-Wandler, die mit bisher unerreichter Genauigkeit und Geschwindigkeit arbeiten. „Wir sind im Zeit-

plan: Nach der anfänglichen Konzipierung und Implementierung der elektronischen Empfängerbausteine, warten wir jetzt auf deren Fertigung“, sagt Professor Manfred Berroth von der Universität Stuttgart. So wie Professor Berroth geht es einer Vielzahl von Projektleitern, die jetzt gespannt warten, was die Realisierung ihrer elektronisch-photonischen Schaltungen ergibt. Diese werden prototypisch gefertigt, sodann exemplarisch getestet und schließlich in größere Systeme eingebaut. Denn gerade die Systemseite soll in diesem Schwerpunktprogramm im Fokus der Forschungen liegen. Wir erwarten interessante Ergebnisse im neuen Jahr, die in einschlägigen wissenschaftlichen Publikationen und Konferenzen vorgestellt werden sollen.



Teilnehmer des Statusmeetings  
Participants of the status meeting



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



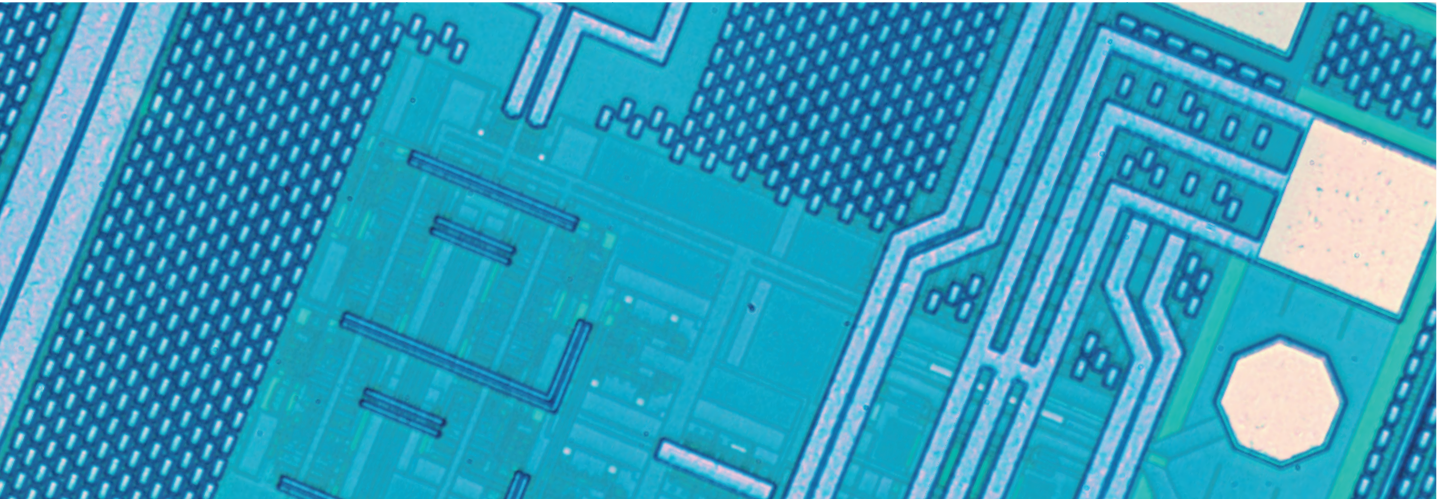
[www.hni.uni-paderborn.de/forschung/spp2111](http://www.hni.uni-paderborn.de/forschung/spp2111)

---

## DFG Priority Program SPP2111 enters the next round

Electronic-Photonic signal processing for ultra fast and energy-efficient systems

---



The status meeting of the Priority Programme SPP2111 with more than 38 participants took place in Paderborn at the Heinz Nixdorf Institute from 18 – 19 September. The projects reported on their research results in the area of ultra fast energy efficient photonic-electronic circuits. The Priority Programme SPP2111 is funded by the DFG in its second year and coordinated by Professor Christoph Scheytt.

Integrated photonics enables the integration of electro-optical components in electronic-photonic circuits, with all their advantages such as cost reduction, speed and energy efficiency. The connection of optics to classical electronic circuit technology poses great challenges for today's generation of researchers, but also enables completely new disruptive system architectures. The Priority Programme SPP2111 focuses on three research areas: ultra-wideband signal processing, which makes the Internet even faster and more energy-efficient; optical frequency generators for ultra-fast metrology in the Terahertz range; and fast analogue-to-digital converters, which operate with unprecedented accuracy and speed.

“We are on schedule: After the initial conception and implementation of the electronic receiver modules, we are now waiting for their production,” says Professor Manfred Berroth from the University of Stuttgart. Like Professor Berroth, many of principle investigators are now eagerly awaiting the results of the realisation of their electronic-photonic circuits. These are prototypically manufactured, then exemplarily tested and finally integrated into larger systems. This is because the systems side in particular should be the focus of research in this priority programme. We are looking forward to the interesting



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



Supported by: German Research Foundation (DFG)



[www.hni.uni-paderborn.de/en/research/spp2111](http://www.hni.uni-paderborn.de/en/research/spp2111)

---

results in the new year, which will be presented in relevant scientific publications and conferences. The group photo shows the participants of the status meeting in the foyer of the Heinz Nixdorf Institute.

## KI-Marktplatz

### Das Ökosystem für Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung



Im Projekt KI-Marktplatz arbeiten Forschung, Industrie und das Technologienetzwerk it's OWL an einem digitalen Marktplatz für Künstliche Intelligenz (KI) in der Produktentstehung. Die Vision: Die Schaffung eines Innovationsökosystems, das Lösungsanbieter für KI-Anwendungen und Unternehmen zusammenbringt, um die Innovationskraft deutscher Unternehmen nachhaltig zu stärken.

#### Problematik

Künstliche Intelligenz bietet die Möglichkeit, aus enormen ungeordneten Datenmengen relevante Informationen zu extrahieren und diese in Form von Wissen bereitzustellen. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig. Allerdings stehen Unternehmen vor der Herausforderung, Anwendungen und den spezifischen Nutzen von KI für sich zu identifizieren. Häufig mangelt es an der notwendigen Expertise, um zielgerichtet unternehmensspezifische Einsatzmöglichkeiten aufzudecken und vielversprechende Lösungen systematisch zu erschließen. KI-Anbietern hingegen mangelt es an notwendigem Domänenwissen, um KI-Lösungen anwenderorientiert zu entwickeln. Vorhandene KI-Anwendungen lassen sich häufig nicht in der Breite vermarkten, da den Lösungsanbietern der ausreichende Kundenkontakt aus der Industrie fehlt.

#### Vielältige Nutzenpotenziale von Künstlicher Intelligenz in der Produktentstehung

Die Produktentstehung als ein zentraler Bestandteil produzierender Unternehmen verspricht vielfältige Nutzenpotenziale für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz. Der Weg von einer ersten Produktidee bis hin zum fertigen Produkt erfordert die gebündelte Expertise unterschiedlicher Fachdisziplinen

entlang des Produktentstehungsprozesses. Angefangen bei der strategischen Produktplanung über die Produkt- und Dienstleistungsentwicklung bis hin zur Produktionssystementwicklung sind zahlreiche Arbeitsschritte erforderlich, um ein Produkt erfolgreich zur Serienreife zu führen. Im Kontext des digitalen Wandels steigt dabei unter anderem der Softwareanteil stetig an und lässt neue Produkte immer komplexer werden. Dieser Komplexitätsanstieg schlägt sich auch in den Produktentstehungsprozessen nieder – z. B. durch den hohen Abstimmungsaufwand zwischen den beteiligten Domänen. Hinzu kommen weitere Komplexitätstreiber wie der Trend zur Losgröße 1, die Datennutzung über den Produktlebenszyklus oder die Verschmelzung von Produkt- und Servicegeschäft. Hier bestehen weitreichende Potenziale, um mittels KI-Anwendungen Prozesse zu optimieren und somit die Leistungserstellung produzierender Unternehmen erheblich zu verbessern. Allerdings schöpfen bisher nur wenige Unternehmen diese Potenziale aus. Die Idee: Die Schaffung eines Innovationsökosystems in Form eines digitalen Marktplatzes, der Anbieter von KI-Lösungen und Nutzer zielgerichtet zueinanderführt, um die Innovationskraft von Unternehmen nachhaltig zu steigern.

## AI Marketplace

The ecosystem for artificial intelligence in product engineering



In the AI Marketplace project, research, industry and the technology network it's OWL are working on a digital marketplace for Artificial Intelligence (AI) in product engineering. The vision: The creation of an innovation ecosystem that brings together solution providers for AI applications and companies in order to sustainably strengthen the innovative power of German companies.

### Problem definition

Artificial intelligence offers the possibility of extracting relevant information from enormous disordered amounts of data and making it available in the form of knowledge. The application possibilities are numerous. However, companies face the challenge of identifying applications and the specific benefits of AI for themselves. Often there is a lack of the necessary expertise to uncover company-specific application possibilities and to systematically develop promising solutions. AI providers, on the other hand, lack the necessary domain knowledge to develop user-oriented AI solutions. Existing AI applications often cannot be marketed on a broad scale, as solution providers lack sufficient customer contact from industry.

### Manifold potential benefits of Artificial Intelligence in product development

The creation of products as a central component of manufacturing companies promises manifold potential benefits for the use of Artificial Intelligence. The path from the initial product idea to the finished product requires the combined expertise of different disciplines along the product engineering process. Starting with strategic product planning, through product and service development, to production system development,

numerous work steps are necessary to successfully bring a product to series maturity. In the context of digital change, the proportion of software is constantly increasing and new products are becoming ever more complex. This increase in complexity is also reflected in the product development processes – e.g. through the high coordination effort between the domains involved. In addition, there are other complexity drivers such as the trend towards batch size 1, data usage over the product life cycle or the merging of product and service business. There is far-reaching potential here to optimise processes using AI applications and thus significantly improve the performance of manufacturing companies. However, so far only a few companies are exploiting these potentials. The idea: The creation of an innovation ecosystem in the form of a digital marketplace that brings providers of AI solutions and users together in a targeted manner in order to sustainably increase the innovative strength of companies.

### Digital platform as a central point of access

The core of the AI marketplace is the digital platform of the same name as the hub of the innovation ecosystem. It thus forms a central point of access for all the players involved. The result is an economically relevant ecosystem that addresses



### Digitale Plattform als zentrale Anlaufstelle

Kern des KI-Marktplatzes ist die gleichnamige digitale Plattform als Dreh- und Angelpunkt des Innovationsökosystems. Er bildet damit eine zentrale Anlaufstelle für alle beteiligten Akteure. Es entsteht ein volkswirtschaftlich relevantes Ökosystem, das die zuvor genannten Potenziale adressiert und die Akteure der Plattform bei der Identifikation und Einführung von Künstlicher Intelligenz in der Produktentstehung unterstützt. Unternehmen erhalten über den KI-Marktplatz Zugriff auf Experten im Bereich KI. Das Angebot des Marktplatzes umfasst Beratungsdienstleistungen, einzelne KI-Bausteine oder vollständige KI-Anwendungen, die Unternehmen zur Optimierung ihrer Produktentstehungsprozesse heranziehen können. Lösungsanbieter stellen KI-Anwendungen auf dem Marktplatz bereit, um diesen als zusätzlichen Vertriebskanal zu nutzen. Gleichzeitig können KI-Anbieter über den Marktplatz neue KI-Bausteine beziehen, um ihre bestehende Software um zusätzliche KI-Funktionen zu erweitern. Außerdem haben KI-Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft die Möglichkeit, auf dem KI-Marktplatz Trainingsdaten zur Entwicklung und Optimierung von Modellen und Algorithmen zu erwerben. Darüber hinaus bietet der Marktplatz zusätzliche Werkzeuge und Bausteine zur Datenverarbeitung an.

### Vier Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts ziehen an einem Strang

Im Projekt KI-Marktplatz, das auf drei Jahre ausgelegt ist, wird die zugrunde liegende Plattform im Projektverlauf sukzessive um zusätzliche Funktionalitäten erweitert, die eine gemeinsame Entwicklung von KI-Lösungen sowie eine Bereitstellung dieser Lösungen ermöglichen. Angefangen bei einer intelligenten Partnervermittlung für Anwendungsfälle von KI im Produktentstehungsprozess über einen Datenraum für die Produktentstehung bis hin zu einem Baukasten für die unternehmensindividuelle Entwicklung von KI-Lösungen, stellt der KI-Marktplatz den Akteuren alle erforderlichen KI-Werkzeuge für die strategische Produktplanung sowie die Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzipierung bereit. Dabei setzt der KI-Marktplatz auf ein vertrauensbasiertes Konzept mit einer IT-Architektur, die Datensouveränität und faire Transaktionsmechanismen ermöglicht. Das rund 200 Partner umfassende Technologie-Netzwerk it's OWL fungiert als Keimzelle für den KI-Marktplatz. Ab Januar 2020 entwickeln hierfür vier Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts (Advanced Systems Engineering, Professor Roman Dumitrescu; Algorithmen und Komplexität, Professor Friedhelm Meyer auf der Heide; Softwaretechnik, Professor Eric Bodden; Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen, Professor Eyke Hüllermeier) der Universität Paderborn gemeinsam mit dem Fraunhofer IEM, der Unity AG, dem Spitzencluster it's OWL und vielen weiteren Partnern

die KI-Plattform. Insgesamt 20 Forschungseinrichtungen und Unternehmen begleiten das Forschungsprojekt KI-Marktplatz, das vom BMWi mit 11,5 Millionen Euro gefördert wird. Allein die Paderborner Partner erhalten insgesamt 4,5 Millionen Euro Förderung. Der Startschuss ist im Januar 2020.

### Partner gesucht

Das Projekt trägt maßgeblich dazu bei, die Position deutscher Unternehmen, insbesondere des Mittelstands bzw. des Maschinen- und Anlagenbaus, im Bereich der Künstlichen Intelligenz zu stärken, die Nutzenpotenziale innerhalb des Produktentstehungsprozesses zu erkennen und diese zeit- und kostengünstig auszuschöpfen. Nicht zuletzt unterstützt der KI-Marktplatz das Bestreben, die globale Sichtbarkeit von Deutschland im Bereich Künstliche Intelligenz signifikant zu erhöhen. Wir leisten damit einen entscheidenden Beitrag, dass sich „Artificial Intelligence (AI) made in Germany“ sukzessive zu einem weltweit anerkannten Gütesiegel entwickelt. Einen wesentlichen Erfolgsfaktor bildet die Anzahl der beteiligten Akteure auf der digitalen Plattform. Daher sind Forschungseinrichtungen sowie potenzielle Lösungsanbieter und Anwender eingeladen, sich am Aufbau des KI-Marktplatzes zu beteiligen. Dem Projektkonsortium ist es ausdrücklich daran gelegen, den Austausch zwischen allen Interessierten zu pflegen. Sprechen Sie uns bei Bedarf gerne jederzeit an!



**Christoph Pierenkemper, M.Sc.**

E-Mail: [Christoph.Pierenkemper@hni.upb.de](mailto:Christoph.Pierenkemper@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 62 36



Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Projekträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)



[www.ki-marktplatz.com](http://www.ki-marktplatz.com)



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



Feiern gemeinsam die Förderzusage: Prof. Dr. Roman Dumitrescu (Heinz Nixdorf Institut), Prof. Dr. Jürgen Gausemeier (it's OWL), Dr. Stefan Breit (Miele), Prof. Dr. Ingeborg Schramm-Wölk (FH Bielefeld), Prof. Dr. Birgitt Rieggraf (Universität Paderborn), Roland Bent (Phoenix Contact).  
Celebrating together the funding commitment: Prof. Dr. Roman Dumitrescu (Heinz Nixdorf Institute), Prof. Dr. Jürgen Gausemeier (it's OWL), Dr. Stefan Breit (Miele), Prof. Dr. Ingeborg Schramm-Wölk (FH Bielefeld), Prof. Dr. Birgitt Rieggraf (Paderborn University), Roland Bent (Phoenix Contact).

the aforementioned potentials and supports the platform's actors in identifying and introducing Artificial Intelligence in product engineering. The AI marketplace provides companies with access to experts in the field of AI. The marketplace offers consulting services, individual AI modules or complete AI applications that companies can use to optimise their product engineering processes. Providers can deploy AI applications on the marketplace and use it as an additional sales channel. Simultaneously, AI vendors can purchase new AI building blocks through the marketplace to add additional AI functionality to their existing software. In addition, AI experts from science and industry can use the AI Marketplace to purchase training data on the development and optimisation of models and algorithms. Furthermore, the marketplace offers additional tools and building blocks for data processing.

### Four workgroups of the Heinz Nixdorf Institute are pulling in the same direction

In the AI Marketplace project, which is designed for three years, a digital platform for AI applications in product engineering is being created, which will be successively expanded over the course of the project to include additional functionalities that will enable the joint development of AI solutions and the provision of these solutions. Starting with an intelligent partner mediation for use cases of AI in the product engineering process via a data room for the product engineering up to a construction kit for the company-individual development of AI solutions, the AI marketplace provides the actors with all the necessary AI tools for strategic product planning as well as product, service and production system design. The AI marketplace

relies on a trust-based concept with an IT architecture that enables data sovereignty and fair transaction mechanisms. The it's OWL technology network, which comprises around 200 partners, acts as the nucleus for the AI marketplace. Starting in January 2020, four workgroups of the Heinz Nixdorf Institute (Advanced Systems Engineering, Professor Roman Dumitrescu; Algorithms and Complexity, Professor Friedhelm Meyer auf der Heide; Software Engineering, Professor Eric Bodden; Intelligent Systems and Machine Learning, Professor Eyke Hüllermeier) at the Paderborn University, Fraunhofer IEM, Unity AG, the it's OWL cluster and many other partners will develop a digital platform for Artificial Intelligence in product engineering. A total of 20 research institutions and companies are supporting the research project AI Marketplace, which is funded by the BMWi with 11.5 million euros. The Paderborn partners alone will receive a total of 4.5 million euros in funding. The start-up is in January 2020.

### Partners wanted

The project makes a significant contribution to strengthening the position of German companies, in particular SMEs and machine and plant manufacturers, in the field of Artificial Intelligence, identifying the potential benefits within the product development process and exploiting these in a timely and cost-effective manner. Last but not least, the AI Marketplace supports the efforts to significantly increase the global visibility of Germany in the field of Artificial Intelligence. We are thus making a decisive contribution to the gradual development of "Artificial Intelligence (AI) made in Germany" into a globally recognised seal of quality. An essential success factor is the number of actors involved on the digital platform. Therefore, research institutions as well as potential solution providers and users are invited to participate in the development of the AI marketplace. The project consortium is particularly interested in maintaining the exchange between all of the interested parties. Please do not hesitate to contact us at any time.



**Christoph Pierenkemper, M.Sc.**

E-mail: [Christoph.Pierenkemper@hni.upb.de](mailto:Christoph.Pierenkemper@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 62 36



Supported by: Federal Ministry of Economics and Energy (BMWi)

Project management: German Aerospace Center (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.) (DLR)

## Forschungskolleg 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 „Forschungskolleg NRW“ mit zwei Forschungskollegs vertreten. Eines davon beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt. Das andere untersucht hybride Leichtbautechnologien, die leichte, effiziente und mobile Anwendungen ermöglichen.

Besonderes Augenmerk der Forschungskollegs liegt in der Zusammenarbeit unterschiedlicher Wissensdomänen zur Verbesserung der ganzheitlichen Betrachtung und Lösungsfindung von Problemstellungen. Die Kollegiaten treten in einen zusätzlichen Wissenstransfer mit der Zivilgesellschaft zur Identifikation weiterer Handlungsfelder. Infolge der erzielten guten Ergebnisse wurde 2018 für beide Forschungskollegs eine weitere Förderperiode bis 2022 bewilligt.

### Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – menschenzentrierte Nutzung von Cyber-Physical-Systems in Industrie 4.0 (FK GfA)

Im FK GfA wird erforscht, welche Auswirkungen Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt und die Rolle des Menschen hat: Für die Produktion eröffnen Cyber Physische Produktionssysteme neue Mög-

lichkeiten zur flexiblen Rekonfiguration von Wertschöpfungsketten und damit einhergehend Effizienzsteigerungen. Neben den technischen Herausforderungen bei der Entwicklung solcher Systeme erfährt insbesondere die Rolle der Beschäftigten einen erheblichen Wandel. Auch in der zukünftigen Produktion bleiben die Shopfloor-Mitarbeiter ein entscheidender Faktor. Hierzu bietet die Informations- und Kommunikationstechnologie neue Möglichkeiten in der Arbeitsplanung und -steuerung.

### Leicht, Effizient, Mobil – Energie- und kosteneffizienter Extremleichtbau mit Hybridwerkstoffen (FK LEM)

Das FK LEM ist durch die Anwendung von hybriden Bauteilen und Verbundwerkstoffe motiviert: Neue Methoden zur Auslegung, Entwicklung und Fertigung ermöglichen die gezielte Absenkung der Massen im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Im Rahmen der „Denkschule“, im Oktober 2019, wurde es Vertretern der Zivilgesellschaft ermöglicht, in einen Austausch mit Experten der Thematiken „Nachhaltige Werkstoffe“ und „Elektromobilität“ zu treten. Eine zentrale Rolle nimmt das Vorhaben der Fachgruppe „Produktentstehung“ ein: die Adressierung widersprüchlicher Anforderungen aus wirtschaftlicher Modulbauweise und ressourcensparendem Leichtbau mithilfe eines geeigneten Komplexitätsmanagements.



**Daniel Roesmann, M.Sc.**  
E-Mail: Daniel.Roesmann@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 15



**Philipp Hesse, M.Sc.**  
E-Mail: Philipp.Hesse@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 52



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

---

## Forschungskolleg North Rhine-Westphalia

Research on the major societal challenges of the State of NRW

---



The Heinz Nixdorf Institute contributes to the current funding programme “Forschungskolleg NRW” of the State of North Rhine-Westphalia. The Heinz Nixdorf Institute has been engaged in two of these “Forschungskollegs” since the end of 2014. One of them deals with the impact of “Industrie 4.0” on the working staff. The other one investigates hybrid lightweight design enabling light, efficient and mobile applications.

The focus of the research colleges is on the cooperation of different domains of knowledge in order to improve the holistic consideration and solution of problems. The collegiates enter into an additional knowledge transfer with civil society to identify further fields of action. Due to the good results, a further funding period until 2022 was approved for both research colleges in 2018.

### Design of flexible working environments – human-centric use of Cyber Physical Systems (FK GfA)

The FK GfA investigates the impact of Intelligent Technical Systems on working environments and the future role of humans in such systems. For production, cyber physical production systems enable new possibilities for the flexible reconfiguration of

value chains and the associated increase in efficiency. In addition to the existing technical challenges in developing such systems, the role of employees is facing a significant change. Shop floor employees are still a key factor in future production. For this, information and communication technology enables new possibilities in work planning and control.

### Light, efficient, mobile – Energy- and cost-efficient extreme lightweight design with hybrid systems (FK LEM)

The FK LEM is motivated by the use of hybrid components and hybrid materials: New methods for the design, development and production enable the targeted reduction of the masses of components in mechanical engineering, plant construction and vehicle construction. Within the framework of the “Denkschule” in October 2019, representatives of civil society were able to enter into an exchange with experts on the topics of “sustainable materials” and “electro mobility”. The project of the “Product Creation” workgroup takes over a core role: Requirements from economically driven modularisation of products and resource efficient lightweight design are often contradictory. This contradiction will be addressed by complexity management to find optimal trade-offs between both.



**Daniel Roesmann, M.Sc.**

E-mail: Daniel.Roesmann@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 64 15



**Philipp Hesse, M.Sc.**

E-mail: Philipp.Hesse@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 62 52



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

---

## Aufbau und Begleitung regionaler Bildungsnetze



Das Heinz Nixdorf Institut gehört zu den Pionieren des E-Learning. Seit mehr als 20 Jahren werden hier internet-basierte Dienste konzipiert, entwickelt und eingesetzt, um das Lehren und Lernen zu unterstützen. Die Alltagsstauglichkeit 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 als auch Lehrer aktiv im Netz arbeiten können, sodass individuelle und kooperative Lernprozesse optimal durch digitale Medien unterstützt werden. Mit dem Projekt Lernstatt 2020 werden durch den Einsatz mobiler Endgeräte digitale Medien im Lernprozess durchgängig verfügbar. 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 Bildungspartnerschaft im Vordergrund. Auf diese Weise profitiert nicht

nur der Schulunterricht vom Einsatz 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. rer. nat. Harald Selke**  
E-Mail: Harald.Selke@hni.upb.de  
Telefon: +49 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 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 and teachers to actively work on the Internet, supporting individual and cooperative learning processes with digital media in the best possible way. With the project Lernstatt 2020, the use of mobile devices will be supported in all schools, thus making digital media available throughout all learning processes. Representatives of the Heinz Nixdorf Institute offer their expertise on future developments by way of 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 in order to allow them to collaborate under just one roof. Cooperation with partners outside school (companies, authorities or public institutions) is a major focus of the education partnership that the Bezirksregierung Detmold, Paderborn University and InnoZent OWL e.V. have 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, which is 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. rer. nat. Harald Selke  
E-mail: Harald.Selke@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 13



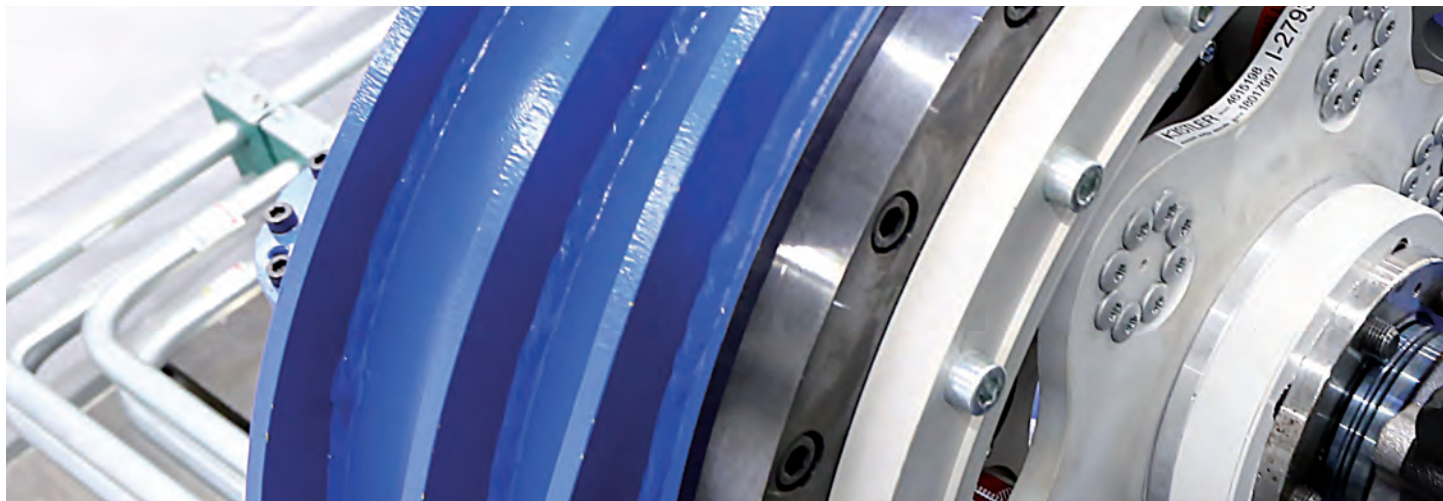
Project partners: Lernstatt Paderborn: Stadt Paderborn, GKD Paderborn; Education in Dialogue: Bezirksregierung Detmold, Medienzentrum Kreis Gütersloh, InnoZent OWL e.V.; MokoDesk: Bildungsnetz Förderung: Individuell e.V.



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

## Fahrzeugachsprüfstand mit hochdynamischem Hexapod

Effiziente Entwicklungs- und Prüfumgebung für mechatronische Fahrzeugachsen



Heutzutage weisen Fahrzeugachsen eine steigende Anzahl elektronischer Komponenten auf, die den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit verbessern. Die Entwicklung und Prüfung solcher mechatronischer Systeme erfordert den Einsatz effizienter Prüfsysteme. Das Ziel ist es, die Anzahl aufwendiger Fahrversuche zu minimieren und diese durch schnell durchzuführende und reproduzierbare Tests ins Labor zu verlagern.

### Hardware-in-the-Loop-Simulation

Seit zwei Jahren wird im Rahmen eines DFG-Vorhabens die Anwendung der Hardware-in-the-Loop (HiL)-Methode auf den im Jahr 2014 angeschafften Prüfstand untersucht. Bei der HiL-Simulation einer mechatronischen Vorderachse wird nur diese real aufgebaut. Das „Restfahrzeug“, d. h. unter anderem, Karosserie, Reifen, Hinterachse und Fahrer werden auf einem Echtzeitrechner simuliert. Die Kopplung der Fahrzeugachse und der Restfahrzeugmodelle wird durch Aktorik (u. a. Hexapod) und Sensorik (u. a. Kraftsensoren) ermöglicht.

Nach modellbasierten Voruntersuchungen und der methodischen Aufbereitung wurden nun die ersten HiL-Versuche mit

räumlichem Restfahrzeugmodell experimentell durchgeführt. Die dabei erzielten Resultate wurden dieses Jahr im September bei der IFAC Mechatronics Konferenz in Wien vorgestellt. Nun stehen weitere Versuchsreihen an, für welche die Vorderachse um eine aktive Wankstabilisierung und eine Lenkaktorik erweitert wurden. Es soll gezeigt werden, dass sich dieser Prüfstand im Entwicklungsprozess von Fahrwerkregelsystemen gewinnbringend integrieren lässt.

### Iterationsfreie Betriebsfestigkeitsprüfung

Neben der HiL-Methodik bietet sich auch der gewinnbringende Einsatz des Prüfstands in der konventionellen Achsprüftechnik an. Die Betriebsfestigkeitsuntersuchung von Fahrzeugachsen ist üblicherweise ein langwieriges Unterfangen. Die Stellsignale der Prüfstandsaktorik müssen zunächst eingelernt werden, bevor die benötigte Genauigkeit bei der Nachbildung von vordefinierten Beanspruchungsspektren erreicht werden kann. Durch die hohe Regelbandbreite unseres Prüfstands streben wir an, auf diese Einlernzeit verzichten zu können und die Prüf-effizienz massiv zu erhöhen. Dieses Potenzial stellt nicht weniger als eine mögliche Revolution in der Achsprüftechnik dar. Dies hat auch die Industrie anerkannt und unterstützt uns bei der Beantragung eines neuen Förderprojekts.



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



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

---

## Vehicle suspension test rig with highly dynamic hexapod

Efficient development and test environment for mechatronic vehicle axles

---



Nowadays, vehicle suspensions have an increasing number of electronic components that improve driving comfort and safety. The development and testing of such mechatronic systems requires the use of efficient testing systems. The aim is to minimise the number of time-consuming driving tests and to transfer them to the laboratory by means of fast and reproducible tests.

### Hardware-in-the-Loop simulation

For two years now, the application of the Hardware-in-the-Loop (HiL) method to the test bench built in 2014 has been researched as part of a DFG project. In the HiL simulation of a mechatronic front axle, only this axle is actually mounted in the test rig. The “residual vehicle”, i. e. the body, tyres, rear axle and driver are simulated on a real-time computer. The coupling of the vehicle axle and the residual vehicle models are provided by actuators (e. g. hexapod) and sensors (e. g. force sensors). After model-based preliminary investigations and methodical preparation, the first HiL experiments with spatial residual vehicle models have now been performed experimentally. The results were presented this year in September at the IFAC Mechatronics Conference in Vienna. Now, further test series are on the agenda, for which the front axle has been extended by active roll stabilisation and steering actuators. The aim is to show that this test rig approach can be profitably integrated into the development process of chassis control systems.

### Iteration-free durability testing

In addition to the application of the HiL methodology, the beneficial use of the test bench in conventional axle testing is possible. The durability testing of vehicle axles is usually



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



Supported by: German Research Foundation (DFG)

---

a tedious task. The drive signals of the test bench actuators must be iterated before the required accuracy can be achieved in the replication of predefined load profiles. Due to the high control bandwidth of our test rig, we strive to be able to do without this learning time and to massively increase test efficiency. This potential represents nothing less than a possible revolution in axle testing technology. This has also been recognised by the industry by supporting us in applying for a new funding project.



## Smart Automation Laboratory

Praxisnahe Forschung und Entwicklung in der Fabrik der Zukunft



„Industrie 4.0“ wird häufig als Oberbegriff für Innovationen von Produkt und Produktion verwendet. In aktuellen Projekten im Smart Automation Laboratory der Fachgruppe „Produktenstehung“ wird vor allem die Kooperation von Mensch und Maschine in der Produktion untersucht. Möglichkeiten und Auswirkungen von dezentraler Produktionssteuerung werden praxisnah erforscht.

Das Konzept der „Cyber-Physischen Produktionssysteme“ (CPPS) beschreibt eine hoch flexible, adaptive und über Internettechnologien vernetzte Produktion. Durch CPPS wird ein ganz neues Niveau der Dezentralisierung und Autonomie erreicht: Durch die internetbasierte Vernetzung von Maschinen, Betriebsmitteln, Werkstücken sowie Lager- und Transportsystemen koordiniert sich die Produktion bei Bedarf flexibel. Für diese neue Form der Steuerung muss auch die Einbindung der Shopfloor-Mitarbeiter überdacht werden. Hierzu bieten beispielsweise Assistenzsysteme neue Möglichkeiten, die ein digitales Abbild des Menschen für individuell zugeschnittene Arbeitsanweisungen nutzen. Ziele im Smart Automation Laboratory sind die Erforschung und die Veranschaulichung derartiger Fragestellungen der Umsetzung von Industrie 4.0 und Arbeit 4.0.

Das Labor besteht aus zwei Fertigungszellen (einer Drehmaschine und einer Fräsmaschine), einem 3D-Plotter, einem Materialflusssystem, einem Montageroboter und weiteren Robotern, die die Fertigungszellen und den Montageroboter mit dem Materialflusssystem verbinden. Jede Einheit ist hierbei mit einem lokalen Rechnersystem ausgestattet, welches die Überwachung und Steuerung ihres Teiles des Produktionssystems übernimmt und eine Kommunikationsschnittstelle bereitstellt. Jede

Komponente ist anhand dieser lokalen Rechnersysteme über ein dynamisches Peer-to-Peer-Netzwerk miteinander vernetzt. Dadurch können die Aufträge an das Produktionssystem automatisiert überführt werden und sich die Einheiten des Produktionssystems selbstständig vernetzen und konfigurieren (Plug & Produce). Ein Forschungsschwerpunkt liegt unter anderem in der Einbindung des Menschen in ein dezentrales Produktionssteuersystem. Auf Basis von individuellen Eigenschaften und Kompetenzen des Menschen passt sich die Steuerung an. Diese Adaption erlaubt die Anpassung von Prozesszeiten sowie die Gestaltung der Kommunikation mit digitalen Assistenzsystemen. Des Weiteren bietet dies die Möglichkeit einer automatisierten individuellen Anpassung des Arbeitsplatzes sowie die Generierung von Kompetenzentwicklungsmaßnahmen. Das Labor bietet hierzu eine einmalige Möglichkeit, um die Auswirkungen auf die Beschäftigten zu untersuchen und bei der Gestaltung neuer Systeme deren Bedürfnisse zu berücksichtigen.



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

---

## Smart Automation Laboratory

Practical research and development in the factory of the future

---



“Industrie 4.0” has become a ubiquitous term for innovations concerning product and production. In current research projects in the Smart Automation Laboratory of the “Product Creation” workgroup, mainly the cooperation of humans and machines is investigated. Research focuses on the possibilities and effects of decentralised production control in a practical way.

The concept of Cyber-Physical Production Systems (CPPS) represent highly flexible, adaptive and connected production. By CPPS, decentralisation and autonomy are taken to a new level: by Internet-based connection of machines, equipment, workpieces as well as storage and transport systems, production is decentrally controlled and, if necessary, flexibly reconfigured. The integration of shop floor employees must be reconsidered for this new form of control. For example, assistance systems offer new possibilities for individual work instructions by using digital representations of human beings. Aims in the Smart Automation Laboratory are to research and to illustrate issues related to the implementation of “Industrie 4.0” and Work 4.0.

The laboratory consists of two production cells (a lathing machine and a milling machine), a 3D-plotter, a material flow system, an assembly robot and other robots which connect the production cells and the assembly robot with the material flow system. All the units of the production system are equipped with a local computer system, which monitors and controls its part of the production system and provides a communication interface. Each component is connected by these local computer systems using a dynamic peer-to-peer network to achieve an automated coordination of the system. As a result, the order

processing in the production system can be automated and units of the production system can be independently interconnected and configured (Plug & Produce).

Research currently focuses on the integration of humans into decentralised production control. The control system adapts itself based on individual human characteristics and competencies. This adaptation enables the adjustment of process times and digital assistance systems. Furthermore, this offers the possibility of an automated individual adaptation of the workplace as well as the generation of competence development measures. The laboratory offers a unique opportunity to investigate the effects on the employees and to consider their needs when designing new systems.

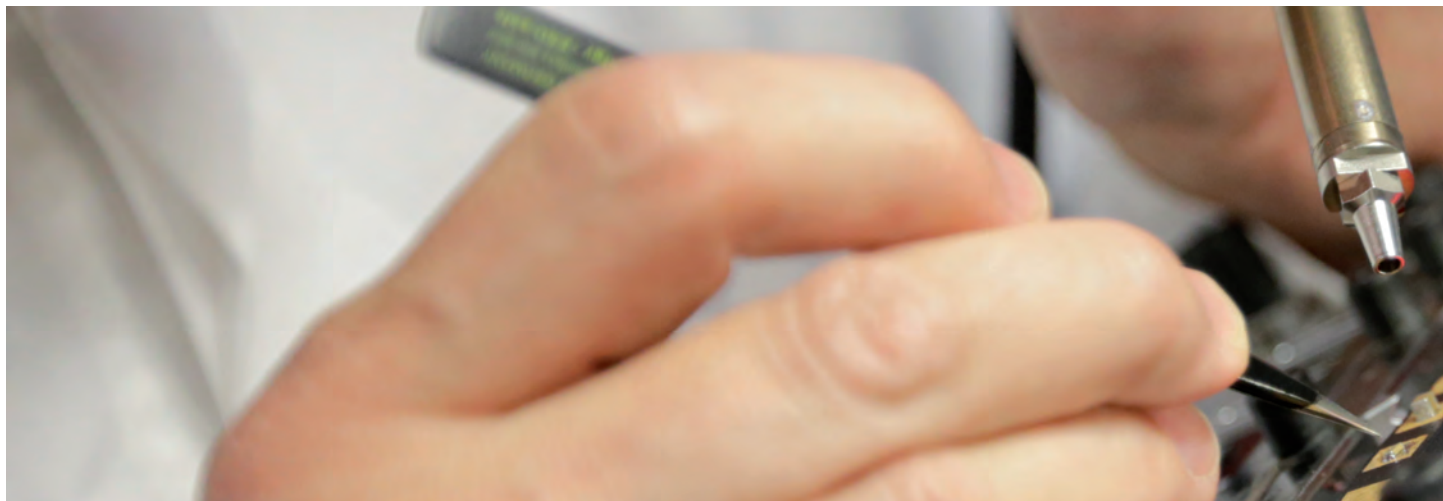


Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  
E-mail: [Iris.Graessler@hni.upb.de](mailto:Iris.Graessler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 75

---

## Fraunhofer IEM

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM



Das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM bietet am Standort Paderborn Expertise für intelligente Mechatronik im Kontext Industrie 4.0. Über 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Maschinenbau, Softwaretechnik und Elektrotechnik arbeiten fachübergreifend zusammen und erforschen innovative Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von intelligenten Produkten, Produktionssystemen und Dienstleistungen.

Wichtige Meilensteine prägten den Jahresbeginn am Fraunhofer IEM. 1.) Seit Februar verstärkt Professor Roman Dumitrescu den Vorstand des Heinz Nixdorf Instituts. Dumitrescu verantwortet den Forschungsbereich Produktentstehung am IEM und ist zusätzlich Geschäftsführer des Technologie-Netzwerks it's OWL sowie Professor für Advanced Systems Engineering an der Universität Paderborn. Zusammen mit Professor Ansgar Trächtler und Professor Eric Bodden sind damit alle drei Direktoren des IEM auch Lehrstuhlinhaber am Heinz Nixdorf Institut und fördern somit die beidseitige Kooperation. 2.) Das IEM arbeitet intensiv am Ausbau seiner Forschungsinfrastruktur in der Zukunftsmeile 1. Highlight war die Fertigstellung des IdeenTriebwerks, in dessen kreativer Umgebung die Fraunhofer-Wissenschaftler künftig das Thema Innovationsmanagement vorantreiben. 3.) Auch der Bau der Zukunftsmeile 2, die Ende 2020 eröffnet wird, schritt zügig voran. Nach der Grundsteinlegung im Februar nahm das künftige Forschungs- und Innovationszentrum Gestalt an, in dem das IEM neben rund 20 Büroarbeitsplätzen ein modernes IoT-Labor mit Industriepartnern plant.

### **Profilschärfung: Fraunhofer IEM stellt sich für die Zukunft auf**

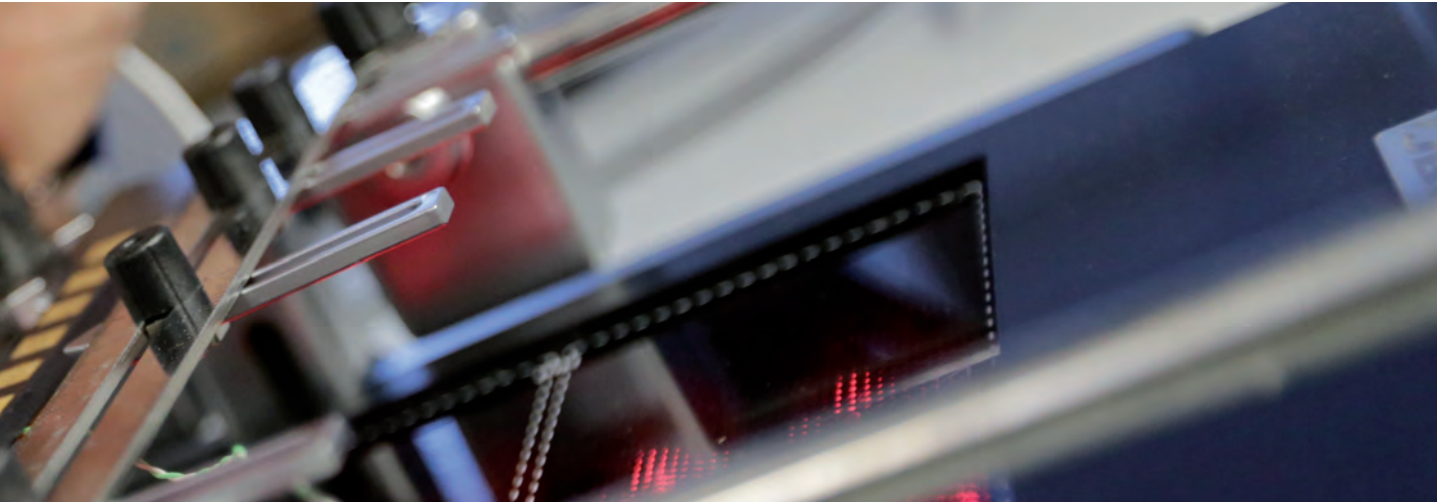
Das Fraunhofer IEM widmete sich einem umfangreichen Strategieprozess, um bisherige Themen und Projekte zu strukturieren und die Weichen für die Zukunft zu stellen. Eine klare Orientierung am Markt sowie Neugier und Innovationsgeist führen zu einer großen Bandbreite an Forschungsthemen. Übergeordnete Motivation des IEM ist dabei das ganzheitliche interdisziplinäre Engineering für Intelligente Technische Systeme. So arbeiten Expertinnen und Experten aus Scientific Automation, Produktentstehung sowie Softwaretechnik und IT-Sicherheit gemeinsam an Methoden und Technologien, um Unternehmen bei der Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen zu unterstützen. Diese fußen künftig auf sechs Kernkompetenzen, nach denen sich auch das Geschäft ausrichtet: Intelligente Technische Systeme, Digitale Transformation, Systems Engineering, Virtualisierung und Modellbildung, IT-Security und Software Engineering. Im Juli 2019 stellte das IEM seine Strategie externen Gutachtern aus Wirtschaft und Wissenschaft vor und erhielt durchweg sehr positive Bewertungen: „Das Institut habe sich hervorragend entwickelt und blicke selbstreflektiert und mit wachem Auge in die Zukunft“.

---

## Fraunhofer IEM

Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM

---



The Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM is an expert for intelligent mechatronics in the context of “Industrie 4.0”. More than 100 scientists from the fields of mechanical engineering, software engineering and electrical engineering collaborate in an interdisciplinary way at the Paderborn site. Fraunhofer IEM explores innovative methods and tools for the development of intelligent products, production systems and services.

Important milestones characterised the start of the year at the Fraunhofer IEM. 1.) Professor Roman Dumitrescu has strengthened the board of directors at the Heinz Nixdorf Institute since February. Dumitrescu is responsible for the IEM product creation research centre and is also the managing director of the it's OWL technology network and a professor for advanced systems engineering at Paderborn University. Alongside Professor Ansgar Trächtler and Professor Eric Bodden, all three are directors of IEM and are professors at the Heinz Nixdorf Institute thus supporting mutual cooperation. 2.) IEM has been working intensively on expanding the research architecture in Zukunftsmeile 1 (future mile). The highlight was the completion of the IdeenTriebwerk (ideas engine), which is the creative environment in which the Fraunhofer scientists will drive the innovation management issue forward in the future. 3.) The construction of Zukunftsmeile 2, which opens at the end of 2020, is also moving forward rapidly. After the ground was broken in February, the future research and innovation centre has been taking shape; the IEM is planning around 20 office workstations as well as a modern IoT lab with industry partners.

### **Sharper Profile: The Fraunhofer IEM is preparing for the Future**

The Fraunhofer IEM is committed to a comprehensive strategy process to structure existing subjects and projects and set the course for the future. A clear orientation to the market requirements, curiosity and innovative spirit result in a wide range of research subjects. The overarching motivation at the IEM is homogeneous interdisciplinary engineering for Intelligent Technical Systems. So experts from scientific automation, product creation as well as software technology and IT security are working on methods and technologies to support companies who are developing innovative products and services. These will in future be based on six core competencies to which the work will also be aligned: Intelligent Technical System, Digital Transformation, Systems Engineering, Virtualisation and Modelling, IT Security and Software Engineering. In July 2019 the IEM presented its strategy to external assessors from business and academia and received very positive feedback across the board: “The Institute has seen excellent development and after self-reflection is looking to the future with its eyes open”.

### Schulung und Weiterbildung am Fraunhofer IEM

Grundlagen des Systems Engineering, agile Arbeitsweisen im Innovationsprozess, Industrial Data Analytics praktisch umsetzen: Im Jahr 2019 hat das IEM ein umfangreiches Schulungsprogramm konzipiert und erfolgreich erste Seminare durchgeführt. Die Weiterbildungsangebote richten sich an Führungskräfte, Projektverantwortliche und Fachkräfte aus der Industrie und vermitteln herstellerneutral, praxisnah und gleichzeitig theoretisch fundierte Grundlagen, Vorgehensweisen und Best Practices, die Unternehmen fit für die Zukunft machen. Alle Angebote sind hier zu finden; [www.iem.fraunhofer.de/weiterbildung](http://www.iem.fraunhofer.de/weiterbildung)

### Bundesweite Forschungsprojekte zur Anwendung digitaler Technologien

Neben spannenden Industrieprojekten sind Forschungsvorhaben ein wesentlicher Baustein der Arbeit des IEM. So konnte das Institut mehrjährige Projekte erfolgreich abschließen. Dazu gehört etwa LiONS (Lichtsensor-basierte Ortungs- und Navigationssysteme für autonome Systeme), in dem das IEM erforschte, welche Möglichkeiten die lichtbasierte Ortung insbesondere für den Einsatz in der Industrie hat, und das Projekt AcRoSS (Augmented Reality-basierte Smart Service-Systeme), das ein Plattform-Konzept entwickelte, mit dem auch kleine und mittlere Unternehmen AR-Anwendungen für zusätzliche datenbasierte Services erstellen können. Die IEM-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler starteten auch neue Projekte, die die Forschungsagenda der nächsten Jahre prägen. So fand im März der Kick-off des EFRE-Projekts AppSecure.nrw statt, in dem das IEM mit dem Ansatz Security by Design Apps von Grund auf sicher entwickeln will. Auch das BMWi-Kompetenzzentrum Digital in NRW – Kompetenz für den Mittelstand erhält zusätzlich rund eine Million Euro Förderung, um gezielte Formate für das Thema Künstliche Intelligenz zu entwickeln.



Beim Strategie-Audit gaben Experten aus Wissenschaft und Industrie dem IEM im Juli eine sehr gute Bewertung.  
Experts from academia and industry gave IEM a very good grade at the strategy audit in July.



Im Auftrag der sicheren Software-Entwicklung: Im März 2019 startete das Forschungsprojekt AppSecure.nrw.  
On the way to secure software development: The AppSecure.nrw research project started in March 2019

### Erfolge für die Region: it's OWL und KI-Marktplatz

Im Technologie-Netzwerk it's OWL arbeiten Industrie und Forschung seit Dezember 2018 an fünf neuen Leitprojekten mit einem Volumen von insgesamt 15 Millionen Euro in den Themengebieten maschinelles Lernen, Big Data in der Produktion, digitaler Zwilling, neue Geschäftsmodelle und Arbeitswelt der Zukunft. An vier Vorhaben ist das Fraunhofer IEM beteiligt. So erforscht es im Projekt Maschinelles Lernen für Produkt und Produktion die Potenziale von maschinellem Lernen für Industrieunternehmen. Gemeinsam mit einem starken Konsortium entsteht eine Toolbox, in der anwendungsnahe Verfahren des maschinellen Lernens erfasst werden. Grundlage dafür sind die konkreten Bedarfe aus der Industrie: Bereits bestehende Prozesse und Arbeitsschritte werden mit maschinellem Lernen optimiert. Das Fraunhofer IEM arbeitet mit Benteler und Hesse insbesondere in den Bereichen Predictive Quality, Prozessoptimierung und hybride Lernverfahren zusammen. Im September gewannen das IEM und das Heinz Nixdorf Institut außerdem gemeinsam mit 20 it's-OWL-Partnern das Projekt KI-Marktplatz im Innovationswettbewerb des Bundeswirtschaftsministeriums. Ab 2020 arbeiten die Paderborner Institute am Aufbau einer digitalen Plattform für Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung – und damit an einem weiteren Leitprojekt für die Region OWL.



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



[www.iem.fraunhofer.de](http://www.iem.fraunhofer.de)



Robotik für die Losgröße 1: Auf der Hannover Messe stellte das Fraunhofer IEM seine Forschung dem Fachpublikum vor.  
Robotics for batch size 1: The Fraunhofer IEM presented its research to an audience of experts at the Hanover Trade Fair.

#### Initial and Ongoing Training at the Fraunhofer IEM

Principles of systems engineering, agile methods in the innovation process, practical implementation of industrial data analytics: During 2019 the IEM has designed a comprehensive training programme and successfully completed the first seminars. The ongoing training courses are aimed at managers, project managers and specialists working in the industry and therefore convey principles, approaches and best practice to make companies fit for the future that are manufacturer-neutral, practical and at the same time based on theory. All of the courses are available here [www.iem.fraunhofer.de/weiterbildung](http://www.iem.fraunhofer.de/weiterbildung)

#### National Research Projects to Apply Digital Technologies

In addition to exciting industry projects, research projects are a key component of IEM's work. The Institute was able to successfully complete projects that had been ongoing for several years. These include for example LiONS (light sensor-based location and navigation systems for autonomous systems) in which IEM researched the options for light-based location determination in particular for use in industry and the AcROSS project (augmented reality-based smart service systems) which developed a platform concept that can be used even by small and medium-sized companies for AR applications relating to additional data-based services. The IEM scientists also started new projects that will characterise the research agenda for the next few years. For example, in March the kick off took place for the EFRE project AppSecure.nrw in which the IEM wants to securely develop apps from scratch using Security by Design. The BMWi digital competency centre in NRW – competency for medium-sized companies also received around a million euros in funding to develop targeted formats for artificial intelligence.

#### Success for the Region: it's OWL and AI Marketplace

Industry and research have been collaborating in the it's OWL technology network since December 2018 on five new leading projects with a volume totalling 15 million euros relating to machine learning, big data in production, digital twinning, new business models and the future world of work. The Fraunhofer IEM is involved in four projects. The machine learning for products and production project is researching the potential for machine learning in industrial companies. Alongside a strong consortium, we are creating a toolbox to capture machine learning in processes close to production. This is based on specific industry requirements: Existing processes and work steps are optimised with machine learning. The Fraunhofer IEM is working with Benteler and Hesse in particular on predictive quality, process optimisation and hybrid learning processes. In September the IEM and the Heinz Nixdorf Institute alongside 20 it's OWL partners were awarded the AI Marketplace project in an innovation competition issued by the Federal Ministry of Economics. From 2020 the Paderborn Institute will be working on building a digital platform for artificial intelligence in product creation – which will be another leading project for the OWL region.



Bundesminister Peter Altmaier zu Besuch: Im IdeenTriebwerk verortet das Fraunhofer IEM seine Kompetenzen rund um das Innovationsmanagement.

Federal Minister Peter Altmaier on a visit: The Fraunhofer IEM has located all of its innovation management competencies in the IdeenTriebwerk (ideas engine).



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



[www.iem.fraunhofer.de/en](http://www.iem.fraunhofer.de/en)

## Spitzencluster it's OWL: Digitale Transformation gestalten

Künstliche Intelligenz, Digitale Plattformen und Arbeit 4.0

**it's owl**



Die eigene it's OWL-Förderrichtlinie, der Gewinn eines bundesweiten Wettbewerbs zum Thema Künstliche Intelligenz zusammen mit dem Heinz Nixdorf Institut, ein erfolgreich fortgeführtes Transferkonzept und neue Innovationsprojekte – das Technologie-Netzwerk it's OWL kann auf ein spannendes und produktives Jahr 2019 zurückblicken.

Gemeinsam mit inzwischen über 200 Partnern arbeitet it's OWL daran, die digitale Transformation in Ostwestfalen-Lippe erfolgreich zu gestalten. Und das durchaus mit bundesweiter und internationaler Reichweite. In Innovationsprojekten entwickeln Unternehmen und Forschungseinrichtungen Lösungen in den Bereichen Künstliche Intelligenz, digitale Plattformen, digitaler Zwilling und Arbeitswelt der Zukunft. In Transferprojekten können kleine und mittlere Unternehmen gemeinsam mit einer Forschungseinrichtung konkrete Herausforderungen der digitalen Transformation lösen. Das Heinz Nixdorf Institut ist dabei ein wichtiger Impulsgeber und Treiber in den Projekten.

Die Zusammenarbeit im Spitzencluster it's OWL – Intelligente Technische Systeme OWL ist ein Erfolgsmodell und hat sich etabliert. 2019 konnte mit der itelligence AG das 200. Mitglied bei it's OWL begrüßt werden. Ausgezeichnet als Spitzencluster des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gilt it's OWL als eine der größten Initiativen für Industrie 4.0 im Mittelstand und hat sich in den vergangenen sieben Jahren als Motor für die Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes in OWL etabliert. In der aktuellen Förderphase seit 2018 werden insgesamt 100 Millionen Euro in Projekten umgesetzt. Das Land NRW stellt dafür Fördermittel im Umfang

von 50 Millionen Euro zur Verfügung, mindestens die gleiche Summe kommt aus der Industrie.

### Neue Herausforderungen

Seit dem Start von it's OWL haben sich das technologische Umfeld und die Anforderungen der Kunden verändert. Dies stellt die Unternehmen vor neue Herausforderungen. Maschinen und Anlagen müssen immer komplexere Aufgaben eigenständig lösen. Der Grad der Vernetzung von Maschinen und Anlagen steigt. Dadurch nehmen auch die Anforderungen an die Bedienung der Maschinen und Anlagen zu. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird immer komplexer. Dabei verändern sich die gesamte Marktleistung und das Geschäftsmodell. Unternehmen müssen neben ihren Maschinen und Anlagen auch Dienstleistungen und Services anbieten, die sich beispielsweise aus der Aufbereitung von Daten ergeben. Die Themen Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen kristallisieren sich dabei zusehends als Schlüsselthemen und -technologien heraus.

Dazu werden im Technologie-Netzwerk neue Technologiefelder erschlossen. Schwerpunkte sind Maschinelle Intelligenz, die Gestaltung sozio-technischer Systeme, digitale Infrastruktur,

---

## Leading-Edge Cluster it's OWL – Shaping digital transformation

Artificial intelligence, digital platforms and work 4.0

---



It's OWL's internal funding guidelines, winning a national competition on the topic of artificial intelligence in conjunction with the Heinz Nixdorf Institute, a successfully pursued transfer concept, and new innovation projects – the it's OWL technology network can look back on an exciting and productive 2019.

Together with more than 200 partners, it's OWL works to successfully shape digital transformation in the OWL region, with a national and international impact. As part of innovation projects, companies and research institutions are developing solutions in the fields of artificial intelligence, digital platforms, digital twinning and the working world of the future. Small and medium-sized enterprises can work together with a research institution to solve the specific challenges of digital transformation as part of transfer projects. The Heinz Nixdorf Institute is a key catalyst and driving force for these projects.

Collaboration within the "it's OWL – Intelligent Technical Systems OWL" leading-edge cluster has been a model for success and become firmly established. In 2019, it's OWL welcomed its 200th member in the form of itelligence AG. Named a "leading-edge cluster" by the German Federal Ministry of Education and Research, it's OWL is one of the biggest initiatives for "Industrie 4.0" in SMEs and has established itself over the past seven years as a driving force for competitiveness in OWL's production industry. During the current funding phase from 2018, a total of 100 million euros will be invested in projects. The state of NRW is providing 50 million euros of funding and at least the same amount will come from industry.

### New challenges

The technological environment and customer requirements have changed since it's OWL was launched, presenting companies with new challenges. Machinery and systems must be able to complete increasingly complex tasks independently. The level of networking in machinery and systems is growing, also increasing the demands of machine and system operation. Interactions between humans and machines are becoming increasingly complex, and business models and the performance of the entire market are changing. As well as machinery and systems, companies must also offer services such as those arising from data processing. The topics of artificial intelligence (AI) and machine learning are becoming clearly apparent as key fields and technologies.

To this end, the technology network is tackling new technological fields focussing on machine intelligence, socio-technical system design, digital infrastructure, safety & security, value creation networks and advanced systems engineering. Basic technologies, sample solutions and software libraries are being developed in these areas and made available to companies via an innovation platform. These are built on innovation



Safety & Security, Wertschöpfungsnetze und Advanced Systems Engineering. In diesen Bereichen werden Basistechnologien, Lösungsmuster und Software-Bibliotheken entwickelt und für die Unternehmen in einer Innovationsplattform verfügbar gemacht. Die Basis dafür bilden Innovationsprojekte von Unternehmen und Forschungseinrichtungen, in denen sie Lösungen für die definierten Herausforderungen entwickeln.

### **Innovationsprojekte mit eigener it's OWL Förderrichtlinie**

Die ersten vier Innovationsprojekte sind Ende 2018 gestartet und laufen bis 2020/2021. Beteiligte Projektpartner sind unter anderem die Unternehmen Benteler, Denios, GEA, Hanning, Hesse Mechatronics, Hettich, KEB, Lenze, Miele, Phoenix Contact, WAGO und Weidmüller sowie die Forschungspartner FH Bielefeld, Fraunhofer IEM und IOSB-INA, TH OWL, Universität Bielefeld und Universität Paderborn.

Das Ziel im Projekt Digital Business ist es, die Potenziale digitaler Plattformen für kleine und mittlere Unternehmen auszuschöpfen. Hintergrund ist, dass der Anteil des digitalen Geschäfts im Maschinenbau kontinuierlich ansteigt. Um wettbewerbsfähig zu bleiben und ihren Kundenzugang zu erhalten, müssen die Unternehmen ihre Produkte immer stärker mit Services verzahnen. Durch digitale Plattformen können sie vom Auftragseingang über Produktion bis zur Logistik eine durchgehende Lösung für den Kunden anbieten. An diesem Projekt ist das Heinz Nixdorf Institut maßgeblich mit beteiligt.

Einen ähnlichen Schwerpunkt hat das Projekt Industrial Automation Plattform für Big Data. Im Projekt sollen IT-Bausteine entwickelt werden, mit denen Daten in Produktionssystemen bedarfsgerecht gesammelt, transportiert und gespeichert werden können. Daraus sollen datenbasierte Dienste konzipiert werden, die für den effizienten Betrieb einer Maschine, Anlage oder Fertigung notwendig werden.

Im Bereich des maschinellen Lernens ist das Projektziel, dass Maschinen und Anlagen nicht nur auf einprogrammierte Muster reagieren, sondern aus Erfahrungen lernen. So können sie ihre Leistungsfähigkeit im Laufe ihrer Einsatzzeit verbessern und sich automatisch an sich ändernde Bedingungen anpassen. Die beteiligten Partner werden dafür gemeinsam neue Methoden entwickeln und auf einer Plattform für weitere Unternehmen verfügbar machen. Durch Maschinelles Lernen werden die Produktivität und Effizienz der Produktion erheblich steigern. Maschinenausfälle und Ausschuss werden vermieden. Der Einsatz von Energie und Materialien wird erheblich reduziert.

Das vierte Projekt fokussiert die Entwicklung, Nutzung und Interaktion von digitalen Zwillingen. Darunter versteht man eine digitale Abbildung einer Maschine, welche die reale und virtuelle Welt miteinander verbindet. Die Abbildung im virtuellen Raum entsteht unter Einsatz von Daten, die beispielsweise durch Sensoren ermittelt werden. Mithilfe von digitalen Zwillingen können Maschinen und Anlagen über ihren gesamten Lebenszyklus dargestellt werden. So können beispielsweise schon während der Planung einer neuen Anlage digitale Simulationen genutzt werden, um die realen Abläufe zu optimieren.

Seit August 2019 gibt es zur Förderung der Innovationsprojekte eine eigene Förderrichtlinie. Für it's OWL und die Partner ist das ein Meilenstein: Die Richtlinie ist die Grundlage für die zukünftigen Ausschreibungen von Innovationsprojekten im Rahmen des Spitzenclusters und ermöglicht Projekte zu attraktiven Bedingungen. Bei der Entwicklung der eigenen it's OWL-Förderrichtlinie stand im Fokus, die NRW-Förderbedingungen weiterzuentwickeln und zu optimieren.

Ziel der Forschungsaktivitäten muss es sein, die Projektergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt in marktgerechte Produkte zu überführen beziehungsweise darzustellen, wie die Ergebnisse weiter verwertet werden sollen. Zudem sollen die Projekte einen signifikanten Beitrag zu den Zielen des Spitzenclusters it's OWL und der Innovationsstrategie des Landes NRW liefern.

Die ersten Innovationsprojekte nach der it's OWL-Förderrichtlinie haben im November 2019 die Förderzusage bekommen. Das Gesamtfördervolumen dieser Tranche beläuft sich auf rund acht Millionen Euro. Die Ausschreibung der folgenden Fördertranche erfolgt im Frühjahr 2020. Interessierte Partner können sich für weitere Infos jederzeit an das it's OWL Projektbüro wenden. [www.its-owl.de/unsere-angebote/projektueo/](http://www.its-owl.de/unsere-angebote/projektueo/)

### **Gewinn KI-Marktplatz und EU-Projekt Boost 4.0**

Neben der Anbahnung von Innovationsprojekten im Rahmen der eigenen Förderrichtlinie bemüht sich it's OWL auch um bundesweite und internationale Projektausschreibungen, die zur it's OWL-Strategie passen. Ein Erfolg in diesem Jahr war die Beteiligung an der Ausschreibung des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) zum Thema „Künstliche Intelligenz (KI) als Treiber für Ökosysteme“. Aus über 130 Bewerbern wurde u. a. das Konsortium rund um das Heinz Nixdorf Institut und Fraunhofer IEM in Kooperation mit it's OWL zur Förderung ausgewählt.

Die Projektidee: Die Entwicklung einer KI-Plattform für die Produkte von morgen. Die Beteiligung von it's OWL mit seinen rund 200 Partnern wird dabei als Keimzelle für den Aufbau des Ökosystems KI-Marktplatz fungieren und die Projektbeteiligung

projects by companies and research institutions, developing solutions to specific challenges.

### Innovation projects with it's OWL funding guidelines

The first four innovation projects began in late 2018 and will run until 2020/2021. Participating project partners include the companies Benteler, Denios, GEA, Hanning, Hesse Mechatronics, Hettich, KEB, Lenze, Miele, Phoenix Contact, WAGO and Weidmüller, as well as research partners FH Bielefeld, Fraunhofer IEM, Fraunhofer IOSB-INA, TH OWL, Bielefeld University and Paderborn University.

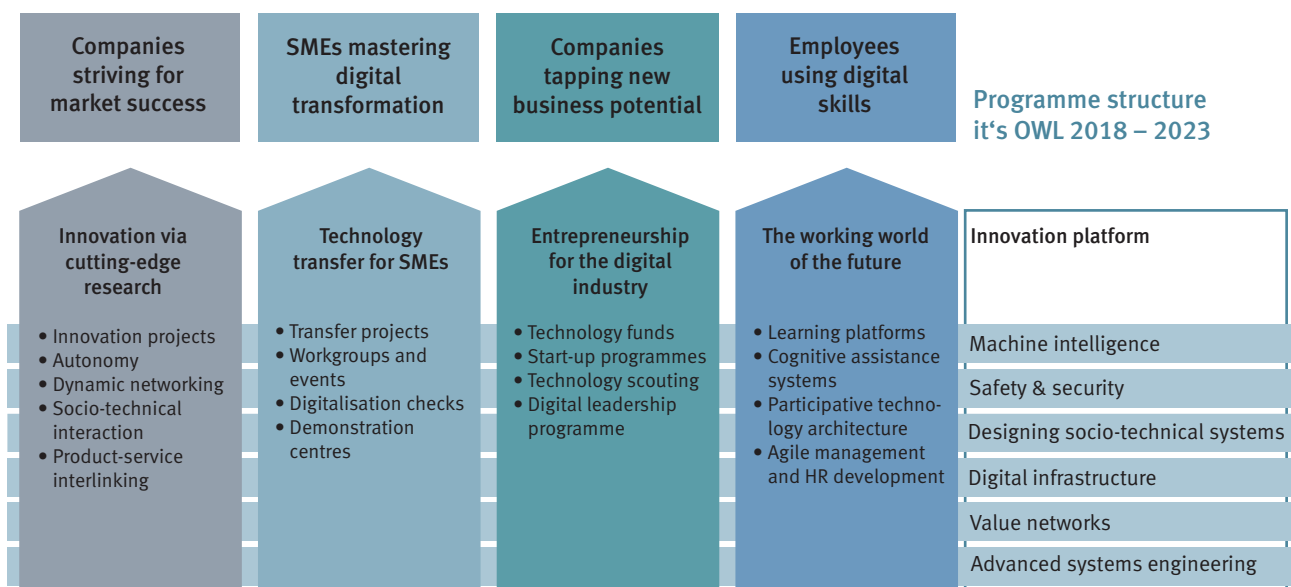
The aim of the Digital Business project is to exploit the potential of digital platforms for small and medium enterprises. The background for this is the fact that the proportion of digital business in mechanical engineering is steadily growing. Companies are increasingly having to interlink their products with services in order to remain competitive and retain access to customers. Digital platforms enable them to provide customers with an integrated solution, from receipt of order to production to logistics. The Heinz Nixdorf Institute is heavily involved in this project.

The Industrial Automation Platform for Big Data project has a similar focus: it seeks to develop IT modules that can be used to gather, transport and store data in production systems as needed. This will then be used to design data-based services that are necessary for the efficient operation of a machine, plant or production system.

The aim of the machine learning project is to enable machinery and systems not just to react to programmed samples, but also to learn from their experiences, allowing them to improve their performance during their operating time and automatically adapt to changing conditions. The participating partners will work together to develop new methods and make them available to other companies on a platform. Machine learning will considerably increase the productivity and efficiency of production. Machine downtime and waste will be avoided and the use of energy and materials significantly reduced.

The fourth project focuses on the development, use and interaction of digital twins. These are a digital illustration of a machine, linking up the real and virtual world. Mapping in a virtual environment uses data provided by sources such as sensors. Digital twins can be used to depict machines and systems throughout their entire life cycle: for example, digital simulations can be used when planning a new system in order to optimise real processes.

Since 2019, there have been in-house funding guidelines for providing funding to innovation projects. This is a milestone for it's OWL and its partners: the guidelines form the basis for future innovation project tenders within the leading-edge cluster and enable projects on attractive terms. When creating the in-house it's OWL funding guidelines, the focus was on further developing and optimising the funding conditions provided by NRW.





Übergabe ausgewählter Förderbescheide an die stellvertretenden Unternehmen aus den Projektkonsortien (v.l.n.r.): Wolfgang Wiele, Geschäftsführer KEB Automation, Prof. Dr. Ingeborg Schramm-Wölk, Präsidentin Fachhochschule Bielefeld und Vorsitzende Campus OWL, Steffen Bersch, Vorstandsmitglied GEA, Prof. Dr. Holger Borchering, Leiter Innovation Lenze, Günter Korder, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement, Dr. Stefan Breit, Geschäftsführer Technik Miele, Jörg Timmermann, Vorstandssprecher Weidmüller, Prof. Dr. Jürgen Gausemeier, Vorsitzender Clusterboard it's OWL, Wolfgang Nettelstroth, IG Metall Nordrhein-Westfalen, und Horst Rose, Vorstand Denios. © it's OWL  
Selected funding decisions being handed to representative companies from project consortiums (left to right): Wolfgang Wiele, CEO of KEB Automation, Prof. Ingeborg Schramm-Wölk, President of FH Bielefeld University of Applied Sciences and Chair of Campus OWL, Steffen Bersch, GEA board member, Prof. Holger Borchering, Head of Innovation Lenze, Günter Korder, CEO of it's OWL cluster management, Dr. Stefan Breit, CEO of Technik Miele, Jörg Timmermann, Weidmüller board spokesperson, Prof. Jürgen Gausemeier, Chair of it's OWL cluster board, Wolfgang Nettelstroth, IG Metall Nordrhein-Westfalen and Horst Rose, Denios board member. © it's OWL

der it's OWL-Partner forcieren. Für das Projekt stellt das BMWI elf Millionen Euro Fördermittel bereit, die Partner investieren zusätzlich fünf Millionen Euro.

Auch EU-weit ist das Technologie-Netzwerk engagiert. Im Spitzencluster it's OWL arbeiten das Fraunhofer IEM und die Firma Benteler gemeinsam an einer Pilotfabrik zum Thema Predictive Maintenance, um Produktions- und Instandhaltungsprozesse optimal und effizient zu gestalten. Die Forschungskooperation in OWL findet im Rahmen des EU-Projekts BOOST 4.0 zum Thema Big Data in der Industrie statt. In dem Projekt arbeiten 50 Partner aus 16 Ländern an Instrumenten und Methoden für eine gemeinsame Dateninfrastruktur. Hier fließen bestehende deutsche Referenzarchitekturen wie RAMI 4.0 oder Industrial Data Space mit ein. Das Projekt ist aktuell die größte europäische Initiative für Big Data in der Industrie. Das Projektvolumen umfasst eine Förderung von rund 20 Millionen Euro durch die Europäische Kommission sowie Investitionen von 100 Millionen Euro durch die teilnehmenden Unternehmen. Das Projekt BOOST 4.0 wird gefördert durch das Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union.

## Den Mittelstand beim digitalen Wandel unterstützen

Ein weiterer Schwerpunkt von it's OWL ist der Technologietransfer in den Mittelstand. Kleine und mittlere Unternehmen können in Transferprojekten mit einer Hochschule oder Forschungseinrichtung neue Technologien aus dem Spitzencluster nutzen, um konkrete Herausforderungen der digitalen Transformation zu lösen. Die Transferprojekte bieten einen schnellen und einfachen Zugang zu neuen Technologien und aktuellem Forschungswissen. Die Wirkungen werden direkt im Betrieb sichtbar. So können mittelständische Unternehmen wichtige Schritte auf dem Weg zur Industrie 4.0 gehen.

Die Transferprojekte leisten einen zentralen Beitrag für die Digitalisierung von Prozessen, Produkten und Services. Dabei geht es beispielsweise um die intelligente Vernetzung und Selbstoptimierung von Maschinen und Anlagen, IT-Sicherheit, die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, ein effizientes Energiemanagement oder neue Geschäftsmodelle.

Kleine Unternehmen (bis 50 Beschäftigte) können für ein Transferprojekt einen sogenannten Transfergutschein beantragen und so eine Förderung von bis zu 80 Prozent der Gesamtkosten erhalten, mittlere Unternehmen (bis 249 Beschäftigte) bis zu 60 Prozent.

Die Transfergutscheine wurden 2019 gut angenommen. Es wurden rund 30 Gutscheine bewilligt. Die ersten Transferprojekte sind bereits abgeschlossen beziehungsweise befinden sich kurz vor dem Abschluss. Die Ergebnisse werden die beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen 2020 auf einem gemeinsamen Transfertag der Öffentlichkeit vorstellen.

## Arbeit 4.0 – Arbeitsbedingungen optimieren und Beschäftigte unterstützen

Neben technologischen Herausforderungen und disruptiven Veränderungen im Bereich des Managements und der Geschäftsmodelle erfordert die digitale Transformation auch ein Umdenken in den Bereichen Arbeitsplatzgestaltung, Mitarbeiterführung und -schulung. In der digitalisierten Fabrik rücken insbesondere die sozialen Aspekte der Arbeitsplatzgestaltung in den Vordergrund. Dabei bleibt der Mensch im Zentrum der Technologie. Um die Arbeitsplätze der Zukunft zu gestalten, müssen Unternehmen neue Technologien an die konkreten Anwendungsbereiche anpassen und dabei die Beschäftigten aktiv einbinden und qualifizieren.

Im Technologie-Netzwerk entwickeln und erproben Unternehmen, Hochschulen und Gewerkschaften neue Lösungen für die Digitalisierung der Arbeitswelt. Ein laufendes Innovationsprojekt dazu ist AWARE. Dabei geht es um Lernplattformen,

The aim of research activities must be to convert the project findings into market-oriented products at a later date, or to demonstrate how the findings should be put to further use. In addition, projects must make a significant contribution to the objectives of the it's OWL leading-edge cluster and the innovation strategy of the state of NRW.

The first innovation projects were granted funding approval under the it's OWL guidelines in November 2019. The total funding volume for this round amounted to around eight million euros. The tender process for the next round of funding will be held in early 2020. Interested partners can contact the it's OWL project office for more information at any time.

[www.its-owl.de/unsere-angebote/projektuero/](http://www.its-owl.de/unsere-angebote/projektuero/)

### Winning with the AI Marketplace and “Boost 4.0” EU project

As well as launching innovation projects under its own funding guidelines, it's OWL also seeks out national and international project tenders that fit the it's OWL strategy. One success this year was its participation in the Ministry of Economic Affairs (BMWi) tender on the topic of “Artificial Intelligence (AI) as a Driving Force behind Ecosystems”. From a field of over 130 applicants, the consortium involving the Heinz Nixdorf Institute and Fraunhofer IEM in conjunction with it's OWL was one of those selected for funding.

The project concept: to develop an AI platform for future products. The participation of it's OWL and its approximately 200 partners will serve as a germ cell for the AI marketplace ecosystem and accelerate the involvement of it's OWL's partners in the project. The BMWi is providing eleven million euros of funds for the project, with partners investing an additional five million.

The technology network is also active across the EU. Within the it's OWL leading-edge cluster, Fraunhofer IEM and the company Benteler are working together on a pilot factory covering the topic of predictive maintenance, in order to optimally and efficiently design production and maintenance processes. There is research collaboration in OWL as part of the BOOST 4.0 EU project covering big data in industry. The project involves 50 partners from 16 countries working on tools and methods for a shared data infrastructure. It incorporates German reference architectures such as RAMI 4.0 or Industrial Data Space. The project is currently the largest European initiative for big data in industry. The project volume comprises funding of around 20 million euros from the European Commission as well as investment of around 100 million euros from participating companies. The BOOST 4.0 project is funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.



Arbeit 4.0: VR- und AR-Brillen als digitale Assistenzsysteme sind in den Unternehmen der Region keine Seltenheit mehr © Fraunhofer IOSB-INA  
Work 4.0: VR and AR glasses as digital assistance systems are no longer a rarity in the region's companies © Fraunhofer IOSB-INA

### Supporting SMEs through digital change

Another it's OWL focal point is technology transfer for SMEs. Within transfer projects, SMEs can work with a university or research institution to use new technologies from the leading-edge cluster to solve the specific challenges of digital transformation. Transfer projects provide quick and easy access to new technologies and the latest research knowledge. The effects can be seen directly in operations, allowing SMEs to take key steps on the path to “Industrie 4.0”.

Transfer projects play a key role in the digitalisation of processes, products and services. These include intelligent networking and self-optimisation of machines and systems, IT security, human-machine interface design, efficient energy management and new business models.

Small companies (up to 50 employees) can receive what is known as a transfer voucher and thus funding for up to 80 per cent of the total costs of a transfer project, and medium-sized companies (up to 249 employees) up to 60 per cent.

Transfer vouchers were well received in 2019, with around 30 granted. The first transfer projects have already been completed or are reaching their end. The results will be presented to the public by the participating companies and research institutions at a joint transfer day in 2020.

### Work 4.0 – optimising working conditions and supporting employees

As well as technological challenges and disruptive changes in management and business models, digital transformation also requires a new way of thinking for workplace design, employee management and employee training. The social aspects of workplace design particularly come to the fore in a digitalised

kognitive Assistenzsysteme, partizipative Technologiegestaltung sowie agile Führung und Personalentwicklung. So wird bei Weidmüller beispielsweise erforscht, wie Augmented und Virtual Reality in der beruflichen Bildung eingesetzt werden kann, um individualisiertes Lernen zu ermöglichen. Benteler erarbeitet eine Lernplattform zur Mitarbeiterschulung. Die Ergebnisse und Erfahrungen werden Unternehmen des Clusters zugänglich gemacht, insbesondere auch kleinen und mittleren Betrieben.

### Erfolgsbilanz 2012 – 2018: Lösungen für den Mittelstand

Das erfolgreiche Jahr 2019 und der aussichtsreiche Blick in die Zukunft beruhen auf der außerordentlichen Erfolgsbilanz des Spitzenclusters. Das Heinz Nixdorf Institut war bei zahlreichen Projekten eingebunden. Am Beispiel des Projektes ‚Intelligenter Knetprozess‘ zusammen mit der Firma WP Kemper zeigt sich, dass aus den vorwettbewerblichen Projekten des Spitzenclusters marktverändernde Innovationen hervorgehen.

Eine Maschine, die den Teig fühlt und knetet wie ein Bäcker, war das Projektziel. Um die Voraussetzungen hierfür zu schaffen, wurde zunächst auf Basis von Analysen und Simulationen eine Sensorik entwickelt, die den Teigzustand während des Knetens kontinuierlich ermittelt und bewertet. Die zweite

wichtige Komponente ist eine intelligente Steuerung, über die das Expertenwissen erfahrener Bäcker nutzbar gemacht wird. Zusammen mit dem Heinz Nixdorf Institut und der FH Bielefeld entstand ein Prototyp, anhand dessen die vorherigen Forschungsergebnisse validiert und in einer Knetmaschine umgesetzt wurden. Auf Basis dieser Ergebnisse entstand nun die neue Knetmaschine, ‚KRONOS digital‘. Diese beendet eigenständig den Knetprozess zum optimalen Zeitpunkt und garantiert damit Teige in reproduzierbarer Teigqualität. Als Bestandteil der Kooperation KROMix zwischen WP Kemper und Zeppelin Systems verbindet der neue Knetter das Chargenkneten mit kontinuierlichem Kneten und dem Dosieren. Für dieses neue System verlieh die Jury den iba trophy 2018, den Innovationspreis der international führenden Weltmesse für das Bäckerhandwerk, der alle drei Jahre vergeben wird.

### Motor für die Entwicklung des Standortes OWL und überregionale Sichtbarkeit

it's OWL hat sich in den vergangenen Jahren als ein starker Impuls für die Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes in Ostwestfalen-Lippe entwickelt und baut diesen weiter aus. Die Aktivitäten des Technologie-Netzwerkes finden dabei eine hohe Aufmerksamkeit in der Fachwelt. Eine starke Visitenkarte ist der OWL-Gemeinschaftsstand auf der Hannover Messe. Über 50 Unternehmen, Forschungseinrichtungen – darunter das Heinz Nixdorf Institut –, Netzwerke und Start-ups zeigen dort konkrete Lösungen für den Bereich der Intelligenter Technischen Systeme.

Mit einem neuen Kommunikationskonzept wurde außerdem die Präsenz in Leit- und Fachmedien ausgebaut. Gemeinsame Anzeigen zur SPS, der Messe der Automatisierungstechnik in Nürnberg, und ein Verlagsspezial in der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung zur Hightech-Region OWL konnten 2019 dank der Partner, wie dem Heinz Nixdorf Institut, umgesetzt werden.



Knetmaschine KRONOS digital von WP Kemper. © WP Kemper  
KRONOS digital kneading machine from WP Kemper. © WP Kemper



Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
E-Mail: Roman.Dumitrescu@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 55



Gefördert durch: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen



[www.its-owl.de](http://www.its-owl.de)

factory, with humans remaining at the centre of technology. To design the workplaces of the future, companies must use new technologies to adapt to specific areas of application and actively incorporate and train employees as part of the process.

Companies, universities and trade unions within the technology network are developing new solutions for digitalising the working world. One ongoing innovation project in this area is AWARE, looking at learning platforms, cognitive assistance systems, participative technology architecture, agile management and HR development. For example, Weidmüller is researching how augmented and virtual reality can be employed in professional training to enable personalised learning. Benteler is developing a learning platform for employee training. The results and experiences are being made accessible to companies within the cluster, in particular SMEs.

#### Track record 2012 – 2018: Solutions for SMEs

Our successful 2019 and promising future prospects are based on the leading-edge cluster's exceptional track record. The Heinz Nixdorf Institute has been involved in numerous projects. The example of the "Intelligent Kneading Process" project in conjunction with the company WP Kemper shows that the leading-edge cluster's pre-competitive projects can result in market-changing innovations.

The aim of the project was a machine that feels and kneads dough like a baker would. To lay the foundations for this, analyses and simulations were initially used to develop sensor technology that would continually identify and assess the condition of the dough during the kneading process. The second key component was intelligent control that could harness

the expert knowledge of experienced bakers. Together with the Heinz Nixdorf Institute and FH Bielefeld, a prototype was developed and used to validate previous research findings and translate them into a kneading machine. These results were then used to create the new "KRONOS digital" kneading machines. This machine independently ends the kneading process at the perfect time and thus ensures reproducible dough quality. As part of the KROMix collaboration between WP Kemper and Zeppelin Systems, the new kneader combines batch kneading with ongoing kneading and measuring out. The jury of the 2018 IBA Trophy awarded this new system the innovation prize at the world-leading trade fair for the baking industry, which is held every three years.

#### Driving force behind the development of the OWL region and a national profile

In past years, it's OWL has provided a major boost to the competitiveness of manufacturing industries in OstWestfalenLippe. The technology network's activities have received great attention from the professional world. OWL's joint stand at the Hannover Messe serves as a strong business card. More than 50 companies, research institutions (including the Heinz Nixdorf Institute), networks and start-ups present specific solutions in the field of intelligent technical systems.

Our presence in leading and specialist media is also being expanded with a new communications concept. 2019 saw joint displays at the SPS, Nuremberg's automation technology trade fair, and a special issue on the high-tech region of OWL in the Sunday edition of the Frankfurter Allgemeine Zeitung newspaper, thanks to partners such as the Heinz Nixdorf Institute.



Der OWL-Gemeinschaftsstand auf der Hannover Messe 2019, unter anderem mit der Beteiligung des Heinz Nixdorf Institutes © OWL GmbH  
The OWL joint stand at the Hannover Messe 2019 including involvement from the Heinz Nixdorf Institute © OWL GmbH



Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
E-mail: Roman.Dumitrescu@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 55



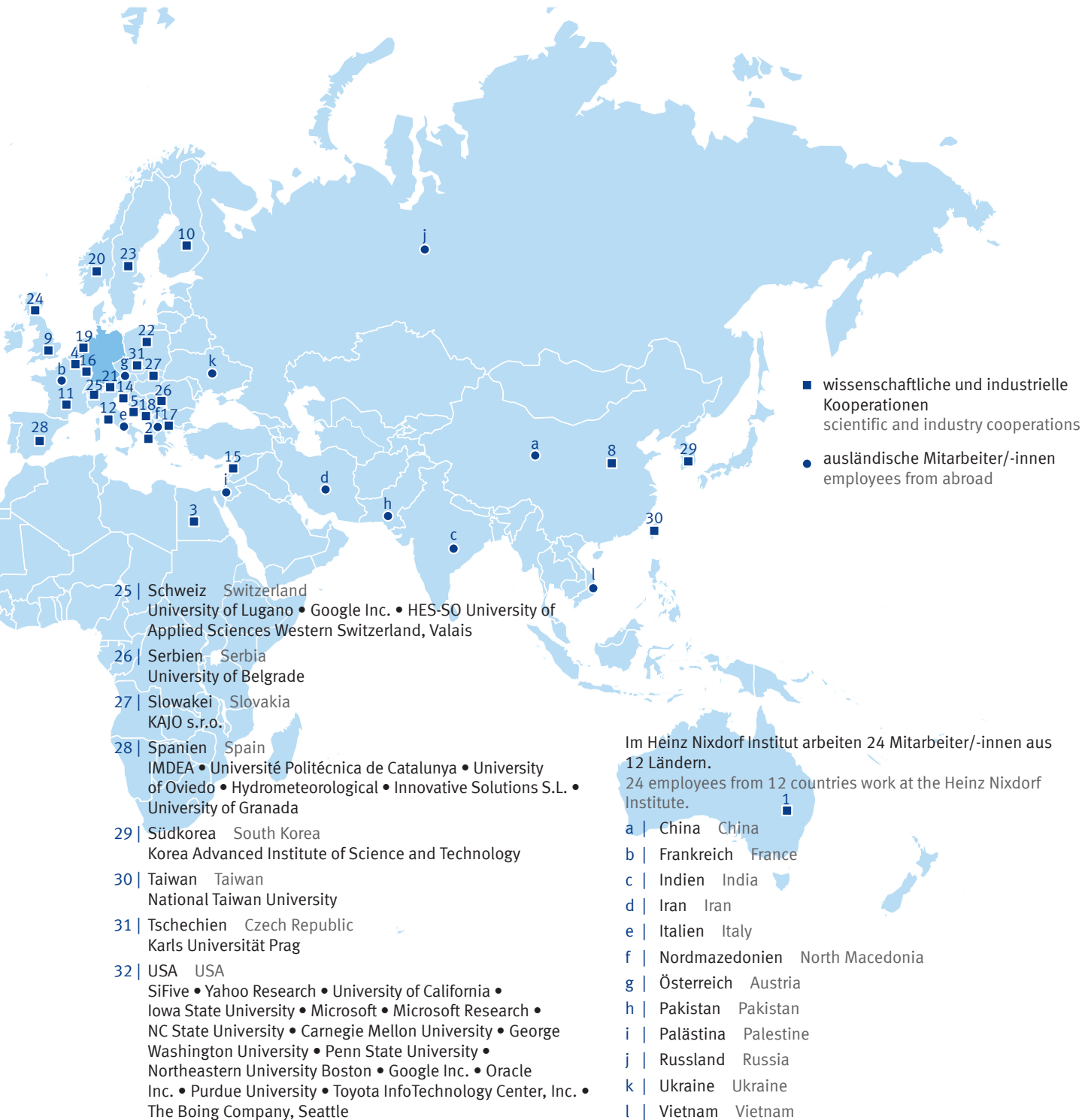
Supported by: North Rhine-Westphalian Ministry of Business, Innovation, Digitalisation and Energy

## Internationalität

Wir kooperieren mit 85 ausländischen Partnern.  
We cooperate with 85 partners from abroad.

- 
- 1 | Australien Australia  
Oracle Labs
  - 2 | Albanien Albania  
Universiteti i Tiranës
  - 3 | Ägypten Egypt  
ITI Kairo
  - 4 | Belgien Belgium  
Ghent University
  - 5 | Bosnien und Herzegowina Bosnia and Herzegovina  
Univerzitet u Sarajevu • Univerzitet u Banjoj Luci
  - 6 | Brasilien Brazil  
University of Campinas
  - 7 | Chile Chile  
University of Chile
  - 8 | China China  
Hong Kong Polytechnic University • Shandong University
  - 9 | England England  
University of Liverpool • University of Warwick •  
European Centre for Medium range Weather Forecasts •  
Loughborough University
  - 10 | Finnland Finland  
COMATEC Oy • Finnish Meteorological Institute • Tampere  
University of Technology • Microteam Oy • Minima  
Processor • Noiseless Imaging Oy • Visy Oy
  - 11 | Frankreich France  
CNRS – Laboratoire d'études de Transferts en Hydrologie  
et Environnement • AIRBUS Defence & Space •  
Frecnsys • IRIT – Université Paul Sabatier • Predict Ser-  
vices • Technical University of Compiègne • Thales Group
  - 12 | Italien Italy  
University of Trento • Scuola Superiore Sant'Anna di Studi  
Universitari e di Perfezionamento • Centro Internazionale  
in Monitoraggio Ambientale • Politecnico Torino •  
Rina Services
  - 13 | Kanada Canada  
Polytechnique Montreal • Carleton University • Concordia  
University • University of Alberta • McGill University
  - 14 | Kroatien Croatia  
University Zagreb
  - 15 | Libanon Lebanon  
Haigazian University • Lebanese American University
  - 16 | Luxemburg Luxembourg  
SnT Universität Luxembourg
  - 17 | Mazedonien Macedonia  
Ss. Cyril and Methodius University
  - 18 | Montenegro Montenegro  
Univerzitet Crne Gore
  - 19 | Niederlande Netherlands  
Delft University of Technology • UT University of Twente
  - 20 | Norwegen Norway  
University of Bergen • University of Oslo • University of  
South-Eastern Norway
  - 21 | Österreich Austria  
Technische Universität Wien • Abix GmbH • SparxSystems  
Software
  - 22 | Polen Poland  
Poznan University of Technology
  - 23 | Schweden Sweden  
Mälardalen University
  - 24 | Schottland Scotland  
RAB Consultants

## Internationality





## Engagement in der Nachwuchsförderung



Wir engagieren uns intensiv in der Lehre und Ausbildung von Studierenden und Nachwuchswissenschaftler/-inne/n 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.

2019 haben mehr als 120 Studierende bei uns ihre Abschlussarbeit erstellt. 110 besonders begabte Absolvent/inn/en sind auf dem Weg zur Promotion. Unser Engagement in der Nachwuchsförderung zeigt sich auch durch unsere Beteiligung an den beiden Forschungskollegs (Seite 22). 43 unserer Absolvent/inn/en haben bereits Professuren.

### Vorbereitung auf eine Hochschulkarriere

Wir fördern nachdrücklich die Mitarbeiter/innen, die eine Hochschulkarriere anstreben. Aktuell arbeitet bei uns als Juniorprofessor:

**Christoph Sommer** ist seit Oktober 2017 Juniorprofessor im Heinz Nixdorf Institut. Als Leiter der von der Firma Hella gestifteten Fachgruppe „Kooperative Fahrzeugsysteme“ beschäftigt er sich mit computergelenkten mobilen Systemen, die ihr Verhalten mit- und aufeinander abstimmen.

Plakativstes Beispiel solcher Systeme sind autonome Autos und Trucks, die im Verkehr quasi als Einheit agieren: Dank engster Abstimmung untereinander fahren sie mit Kleinstabständen hintereinander auf der Straße oder mithilfe von

Mikromanöverassistenz durch kreuzenden Verkehr. Die Herausforderung liegt dabei insbesondere auch in der Einbettung dieser Netze hoher Topologiedynamik in Netze extremer Größe und strikter Ressourceneinschränkungen – etwa denen zukünftiger Smart Cities.

Auch kooperative mobile Systeme in der Luft fallen in das Interessensgebiet der Fachgruppe. Ein anschauliches Beispiel hier sind Drohnen, die – naturgemäß stark ressourcenbeschränkt – kooperativ komplexe Aufgaben lösen. Der Schwerpunkt der Forschung liegt dabei im Bereich Kommunikation: Der drahtlose Austausch von Informationen zwischen mobilen Systemen – und von diesen mit ihrer Umgebung – macht Kooperation überhaupt erst möglich.

Besonderes Interesse gilt den Möglichkeiten von Technologie-Mixen aus z. B. Mobilfunk, WLAN und sichtbarem Licht. Die Forschung berührt dabei alle Aspekte von Multi-Radio-, Multi-Kanal- und Multi-Technologiesystemen zur Drahtloskommunikation, Computersimulation von Kommunikation und Mobilität, Wahrung der Privatsphäre der Nutzer, aber auch die Einbettung des Menschen in dieses Gesamtsystem.

---

## Commitment to support young researchers

---



We are deeply and intensely committed to the education and training of students and young talents, such as doctoral and postdoctoral candidates as well as assistant 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 2019, more than 120 students wrote their thesis with us. 110 especially talented graduates are well on their way to successfully completing their post-graduate studies. Our commitment to developing young talent can also be seen in our involvement with the two "Forschungskollegs" (page 23). 43 of our graduates already have a professorship.

### Getting ready for a university career

We strongly promote and support employees wishing to pursue a university career. Currently, the following Assistant Professor is working in our institute:

**Christoph Sommer** is a junior professor of the Heinz Nixdorf Institute since October 2017. Supported by Hella, his "Cooperative Mobile Systems" workgroup tackles research questions of computer-controlled mobile systems that coordinate their behaviour with one another.

A prime example of such systems are computer controlled cars and trucks that participate in traffic not autonomously but rather as a coherent unit: Thanks to close cooperation, they can drive along a road, one behind the other, at very

tight inter-vehicle gaps; or they can perform microscopic manoeuvre planning in order to safely cross intersecting traffic flows without stopping. A particular challenge of such systems lies in the embedding of such networks of extreme topology dynamics into networks of extreme scale and strict resource limitations, such as networks of future Smart Cities.

Moving beyond roads, cooperative mobile systems in the air can benefit from similar solutions. A prime example of such systems are drones that solve complex tasks cooperatively while having to adhere to strict resource limitations. In all of this, the focus of research is on communication: exchanging information wirelessly between mobile systems – and between mobile systems and infrastructure – is what makes cooperation possible.

Of particular interest are the possibilities offered by technology mixes such as mobile broadband, wireless LAN and visible light communication. Research touches on all aspects of multi-radio, multi-channel and multi-technology wireless communication systems, computer simulation of communication and mobility, privacy of users and human-centric system design.

## 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.

**BECKHOFF**

**Lenze**

**SOLUNAR**  
SOFTWARE

**Kemper**  
*Baker's friend*

**BST eltromat**  
INTERNATIONAL

**SPARX**  
SYSTEMS CENTRAL EUROPE

**coactum**

**advico**  
microelectronics

**PK TEC**  
Pauli & Kayser Ingenieurgesellschaft mbH

**Melitta**  
ibp  
Innovationen für hohe  
performance  
microelectronics

**düspohl**

**InnoZent**  
OWL

**Miele**

**RUHRBOTICS**  
WE PROGRAM YOUR SUCCESS

**Nordzucker**

**FREUND**  
GERMAN QUALITY SLAUGHTER-TOOLS

**GeoMobile**

**remmert**  
kreative Lager- und Prozesstechnik

**owl maschinenbau**  
OstWestfalenLippe

**HOOD**  
GROUP

**Fischer Panda**  
Power solutions  
you are

**KUPER**

**PHOENIX CONTACT**

**BOGE**  
COMPRESSED AIR SYSTEMS

**INTES**

**HEGEMANN**  
O O O O O O

**360°**  
from Engineering  
to Production

**Rotte**  
Anlagenbau & Fördertechnik GmbH

**Maschinenbau-Institut GmbH**  
ein Unternehmen des VDMA

**TAKTIQ**  
PRODUKTION IM EINKLANG

**prometo**  
Embedded Systems • IT • Sicherheit

**FIWARE**  
Open APIs for Open Minds

**AEMtec**  
MEMBER OF exceil

**FREUDENBERG**  
INNOVATING TOGETHER

**CAE**  
Consulting & Engineering GmbH

**westaflex**

**THALES**

**COSEDA**  
Technologies

**infineon**

**K4A**  
The Knowledge Company

**VDMA**

**thyssenkrupp**

**Minima**  
Lorenz Group

**RTB**

**HELLA**

**TK**  
OBERFLÄCHE

**SAC FS**  
Stükerjürgen

## 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.

 **TRANSPHARM**

**sicoya**

**ISRI**   
ISRINGHAUSEN

 **innome**

 **BOSCH**

**reQUIRE**  
consultants GmbH

**UWS**   
BUSINESS SOLUTIONS

**ScMI**

 **CONTACT**  
SOFTWARE

**OSRAM**

**Kannegiesser**

 **contech**  
software . hardware . produktion.

**WÖHLER**

**ROLLAX**®

 **SILICON radar**

 **AIRROBOT**®  
 **DR. WOLF WIRELESS GMBH**

 **SALZGITTER**  
**MANNESMANN**  
LINE PIPE  
Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

**UNITY**  
CONSULTING & INNOVATION

 **KEIPER**  
 **mind square**  
IT-Beratung und Entwicklung

**CREOS**®  
LERN IDEEN  
UND BERATUNG GMBH

 **Smart**  
**Mechatronics**

 **helectronics**

**KRAUSE**  
DiMaTec

**INTERNATIONAL DATA**  
**SPACES ASSOCIATION**

=====

**Weidmüller** 

**itemis**

 **connexvivendi**  
Die Software für das Sozialwesen

 **Ubermetrics**

**FASTEC**  
Software for Production

**ELHA**  
MASCHINENBAU

**it's owl**

 **STV**  
ELECTRONIC

 **SEWERIN**  
Technologien für die Lecksuche.

**mit**   
SYSTEMARMATUREN

**HESSE**  
MECHATRONICS

 **KASPER**  
**OSWALD**  
Ingenieure für innovative Sicherheitslösungen

 **mainis**  
IT-Service GmbH

 **searchconcepts**

**AEF**   
AGRICULTURAL INDUSTRY  
ELECTRONICS FOUNDATION

**Atos**

 **myview**  
systems

 **kraft**  
Maschinenbau

...



## 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 drei Auszubildende auf ihr Berufsleben vorbereitet.

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 Carl-Severing-Berufskolleg in Bielefeld 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, v. a. aber in der IT-Branche. Die Berufsausbildung dauert drei Jahre und schließt



Schrauben, Konfigurieren, Reparieren.  
Die alltäglichen Aufgaben eines Fachinformatikers.



Screw, configure, repair.  
Daily tasks of an Computer scientist.



Tobias Kruse

---

## Apprenticeship at the Heinz Nixdorf Institute

---

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 38 junge Menschen eine Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen (fünf Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme, eine Informatikkauffrau und 32 Fachinformatiker/-innen, Fachrichtung Systemintegration). Die aktuellen Auszubildenden sind:

Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Matthias Sürig

Fachinformatiker/-innen – Fachrichtung Systemintegration:

- Björn Drüke
- Tobias Kruse

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 technician in the field of devices and systems. Three trainees are currently being prepared for their future.

The training is supported by an internal further education programme organised by all the teachers at 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 Carl-Severing Vocational College in Bielefeld, 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 technician for devices and systems

Electronics technician 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 as well as 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.

Since we first became involved in this area of training, 38 young people have completed their apprenticeship with us (five Electronics technician for devices and systems, one Information technology officer and 32 Computer scientist, subject area system integration). The current trainees are:

Electronics technician for devices and systems:

- Matthias Sürig

Computer scientist, subject area system integration:

- Björn Drüke
- Tobias Kruse

## Was wurde aus unseren Alumni?

1.

### Dr. Lisa Nguyen

**Unternehmen:** Google

Lisa Nguyen Quang Do arbeitet in der Gruppe Privacy and Security bei Google. Ihre Forschung konzentriert sich auf die Usability von statischen Programmanalyse-Tools, von der Optimierung des Analyse-Algorithmus bis hin zum Design ihres Interface.

*Promotion 2019 bei Prof. Bodden an der Universität Paderborn*

2.

### Dr. Jaroslaw Kutylowski

**Unternehmen:** DeepL GmbH, Köln

Jaroslaw Kutylowski ist Mitgründer und Geschäftsführer (CEO) der DeepL. Er leitete die Einführung des Dienstes DeepL Pro, der sich an professionelle Benutzer richtet und als einer der führenden Player im KI-Sektor etabliert hat.

*Promotion 2007 bei Prof. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn*

3.

### Dr. Ammar Shaker

**Forschung:** NEC Laboratories Europe (NLE), Heidelberg

Ammar Shaker ist seit März 2018 Research Scientist bei NLE. Sein Arbeitsgebiet umfasst Forschung im Bereich des maschinellen Lernens bis hin zur Prototyp-Entwicklung und Validierung in Anwendungsgebieten wie Intelligent Transportation und Retail.

*Promotion 2016 bei Prof. Hüllermeier an der Universität Paderborn*

4.

### Dr. Florian Hagenauer

**Unternehmen:** ITH icoserve technology for healthcare

Florian Hagenauer arbeitet als Software-Entwickler bei der Siemens Healthineers Tochter ITH icoserve. Dort liegt sein Fokus auf der Entwicklung von gut skalierenden Web-Lösungen zur Archivierung und Betrachtung von medizinischen Bilddaten und Dokumenten.

*Promotion 2019 bei Prof. Dressler an der Universität Paderborn*

5.

### Simon Olma

**Unternehmen:** IAV GmbH, Gifhorn

Simon Olma ist Entwicklungsingenieur bei der IAV GmbH im Forschungsbereich von Powertrain Mechatronics. Dort arbeitet er im Team Virtual Development an neuartigen Simulationsmethoden und effizienten Modellierungstools im Kontext der Entwicklung von Antriebssträngen, Motoren, Getrieben und Steuergeräten.

*Promotion geplant 2020 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*

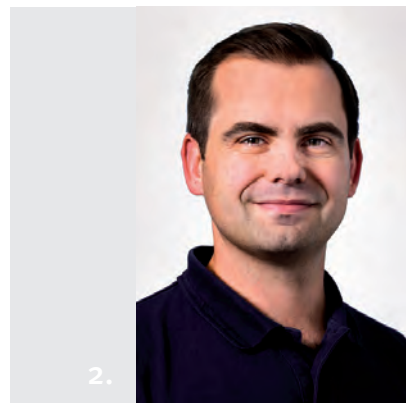
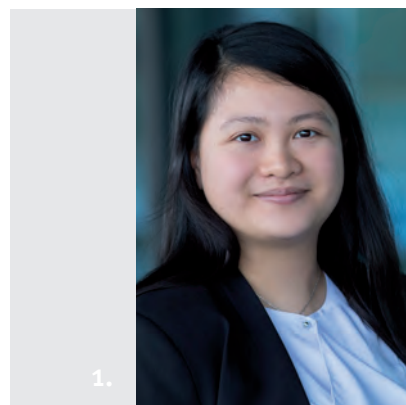
6.

### Julian Echterfeld

**Unternehmen:** Miele & Cie. KG

Julian Echterfeld ist Assistent der technischen Geschäftsführung bei der Miele & Cie. KG. Dort arbeitet er an strategischen Projekten in der Produktentwicklung und Produktion. Darüber hinaus befasst er sich mit der Erschließung neuer Wachstumsfelder, insbesondere in den Bereichen Digitalisierung und Nachhaltigkeit.

*Promotion 2019 bei Prof. Gausemeier an der Universität Paderborn*



## Our graduates' careers



1.

### Dr. Lisa Nguyen

**Company:** Google

Lisa Nguyen Quang Do works for Google in the Privacy and Security group. Her research focuses on the usability of static analysis tools from the optimisation of the analysis' algorithm to the design of its interface.

*Graduation in 2019 with Prof. Bodden at Paderborn University*

2.

### Dr. Jaroslaw Kutylowski

**Company:** DeepL GmbH, Cologne

Jaroslaw Kutylowski is co-founder and CEO of DeepL. He led the launch of the DeepL Pro service, which is aimed at professional users and is established as one of the leading players in the AI sector.

*Graduation in 2007 with Prof. Meyer auf der Heide at Paderborn University*

3.

### Dr. Ammar Shaker

**Research:** NEC Laboratories Europe (NLE), Heidelberg

Ammar Shaker has been a research scientist at NLE since March 2018. His work ranges from fundamental machine learning to prototype development and validation on applications such as intelligent transportation and retail.

*Graduation in 2016 with Prof. Hüllermeier at Paderborn University*

4.

### Dr. Florian Hagenauer

**Company:** ITH icoserve technology for healthcare

Florian Hagenauer works as a Software Developer for the Siemens Healthineers subsidiary ITH icoserve. His focus there is the development of scalable web solutions for archiving and viewing medical images and documents.

*Graduation in 2019 with Prof. Dressler at Paderborn University*

5.

### Simon Olma

**Company:** IAV GmbH, Gifhorn

Simon Olma is a development engineer at IAV GmbH in the research department of Powertrain Mechatronics. In the Virtual Development team, he works on novel simulation methods and efficient modeling tools in the context of the development of powertrains, engines, transmissions and electronic control units.

*Graduation planned for 2020 with Prof. Trächtler at Paderborn University*

6.

### Julian Echterfeld

**Company:** Miele & Cie. KG

Julian Echterfeld is an executive assistant for the senior technical management at Miele & Cie. KG. He works on strategic projects in product development and production. He is also involved in opening up new growth areas, in particular relating to digitisation and sustainability.

*Graduation in 2019 with Prof. Gausemeier at Paderborn University*





---

## Portraits der Fachgruppen

---



Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide, Prof. Dr. Eric Bodden, Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier, Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler, Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt, Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler, Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus, Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler, Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu (v.l./FLTR)

### Fachgruppen des Instituts

#### **Softwaretechnik**

**Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme**

Prof. Dr. Eric Bodden

#### **Verteilte Eingebettete Systeme**

**Adaptive Drahtlose Netze in der Welt der Cyber-Physischen Systeme**

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer

#### **Advanced Systems Engineering**

**Strategische Planung intelligenter technischer Systeme**

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

#### **Produktentstehung**

**Systematisch und effizient Geschäftschancen der Zukunft erschließen**

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

#### **Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen**

**Von Daten zu Wissen und intelligenten Systemen**

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

#### **Algorithmen und Komplexität**

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

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

#### **Schaltungstechnik**

**Integrierte Schaltkreise 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

---

## Workgroup portraits

---



### Workgroups of the institute

#### **Software Engineering**

**Safety and security for software-intensive systems**

Prof. Dr. Eric Bodden

#### **Distributed Embedded Systems**

**Adaptive wireless networks in the world of cyber physical systems**

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler

Assistant Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer

#### **Advanced Systems Engineering**

**Strategic planning of intelligent technical systems**

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

#### **Product Creation**

**Systematically and efficiently unlocking future business opportunities**

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

#### **Intelligent Systems and Machine Learning**

**From data to knowledge and intelligent systems**

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

#### **Algorithms and Complexity**

**High performance = Innovative computer systems**

**+ Efficient algorithms**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

#### **System and Circuit Technology**

**Integrated circuits for ultra-fast communication 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

---


# Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme

Prof. Dr. Eric Bodden

---

Softwareintensive, hochgradig vernetzte Systeme bestimmen schon heute unseren Alltag. Durch einen ganzheitlichen Ansatz für einen sicheren Software- und Systementwurf versuchen wir, diese Systeme so zu gestalten, dass sie bereits per Konstruktion aktuellen sowie zukünftigen Arten von Hackerangriffen standhalten.

E-Mail: [Eric.Bodden@upb.de](mailto:Eric.Bodden@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 65 63

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



---

## Safety and security for software-intensive systems

Prof. Dr. Eric Bodden

---

Interconnected, software-intensive systems are ubiquitous in our everyday lives. By researching a holistic approach to secure software and systems engineering, we aim at designing those systems in such a way that, by construction, they will withstand current and future cyber-attacks.

E-mail: [Eric.Bodden@upb.de](mailto:Eric.Bodden@upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 65 63



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

## Fachgruppe Softwaretechnik

Die Fachgruppe von Professor Eric Bodden hat sich über die letzten Jahre vor allem im Bereich der automatisierten Codeanalyse eine weltweite Spitzenposition aufgebaut. So hat die Fachgruppe beispielsweise weltweit führende Analysewerkzeuge für Java- und Android-Applikationen entwickelt.

Die Fachgruppe „Softwaretechnik“ erforscht, entwickelt und bewertet Methoden und Werkzeuge, um Softwaresysteme von Grund auf sicher zu gestalten. In vielen im Einsatz befindlichen Softwareentwicklungsprozessen wird die Sicherheit von Softwaresystemen leider immer noch als nebensächlich behandelt.

Infolgedessen werden Sicherheitsaspekte oft erst zu spät berücksichtigt, zu einem Zeitpunkt, in dem eine korrekte Absicherung des Systems schnell teuer wird. Die Folgen sind oft desaströs und der Auslöser für die heute vielfach beobachteten Datenlecks und anderen Sicherheitsvorfälle. Solche Vorfälle kosten die betroffenen Unternehmen letztendlich ihren Ruf und einen signifikanten Teil ihres Erlöses, von den eigentlichen Problemen, die durch Datendiebstahl entstehen, ganz abgesehen.

Das Hauptziel der Fachgruppe liegt darin, solche Sicherheitsprobleme von vornherein zu vermeiden, indem softwarelastige Systeme so entwickelt werden, dass Sicherheit von Anfang an ein fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses ist. So entwickeln wir Methoden, mit denen Softwareentwickler Sicherheitsanforderungen ganzheitlich erfassen können, um sie dann mit Angriffsmodellen und Bedrohungsniveaus abzugleichen. In einem zweiten Schritt werden diese Anforderungen dann gegen die konkrete Implementierung im Programmcode verglichen. Hier setzen wir vor allem auch auf Werkzeuge zur automatisierten Codeanalyse, die sich beispielsweise der Techniken der statischen oder dynamischen Analyse bedienen, aber auch auf Werkzeuge zur Generierung beweisbar sicheren Programmcodes aus abstrakten, teils menschenlesbaren Spezifikationen.

Unsere Arbeit umfasst u. a. folgende Forschungsthemen:

- Statische und dynamische Programmanalyse
- Automatisierte Erkennung von Softwareschwachstellen und Schadprogrammen
- Sichere Softwareentwicklungsprozesse
- Modellbasierte Entwicklung mechatronischer und eingebetteter Systeme sowie betrieblicher Informationssysteme

Im Jahr 2019 konnten gleich mehrere Mitglieder der Fachgruppe ihre Promotion mit einer ausgezeichneten Dissertation abschließen. Johannes Späth (ehemals Fraunhofer IEM, nun Heinz Nixdorf Institut) liefert mit seiner Dissertation gleich eine Reihe wichtiger algorithmischer Beiträge im Bereich der statischen Programmanalyse, die entsprechende Analysewerkzeuge um Größenordnungen präziser und gleichzeitig effizienter machen. Gemeinsam mit seinen Kollegen Andreas Dann und Manuel Benz wird Johannes Späth diese Erkenntnisse in 2020 mittels einer Förderung im Rahmen des Programms Startup.NRW in ein neues kommerzielles Werkzeug überführen, das



Team

dann auch vermarktet werden soll. Die Dissertation von Lisa Nguyen befasst sich mit User-Experience-Aspekten statischer Programmanalysen und zeigt auf, wie sich diese konstruktiv verbessern lassen. Diese Verbesserungen wurden durch mehrere Nutzerstudien umfassend evaluiert. Die Dissertation von Philipp Holzinger (Fraunhofer SIT) liefert eine umfassende Analyse der Java-Security-Architektur. Sie zeigt als erste Arbeit grundlegende, systemische Designschwächen dieser Architektur auf, die sich auch auf andere Plattformen übertragen lassen. Zudem stellt sie mehrere Verfahren vor, mit denen sich diese Designschwächen beheben lassen, und evaluiert empirisch deren Einfluss auf die Sicherheit und Effizienz der Plattform. Die Arbeit der Fachgruppe wurde 2019 auch insgesamt ausgezeichnet, so wurde Professor Bodden für seine Forschungsbeiträge, als einer von nur 62 Forschern weltweit, dieses Jahr der Status Distinguished Member der Association for Computing Machinery (ACM) verliehen.

---

## Workgroup Software Engineering

---

In recent years, Professor Eric Bodden's workgroup has established a leading position worldwide, in particular in the field of automated code analysis. The workgroup has developed world-leading analytical tools for Java and Android applications, for example.

The "Software Engineering" workgroup researches, develops and evaluates methods and tools designed to make software systems secure from the ground up. Unfortunately, many software development processes currently in use still treat software system security as incidental. This means that security aspects are often examined at an excessively late stage, when securing the system correctly will quickly become expensive. The consequences are often disastrous and trigger data leaks and other security incidents regularly observed today. Incidents such as these ultimately damage the reputations of the companies affected and cost them a significant portion of their revenue, quite apart from the real problems caused by data theft.

The workgroup's primary aim is to avoid security problems such as these from the outset by developing software-based systems which include security as an integral part of the development process right from the very beginning. Therefore, we develop methods which enable software developers to ascertain all the security requirements from a holistic perspective and then compare them with attack models and threat levels.

In a second step, these requirements are compared with concrete implementation in program code. At this point, we primarily employ automatic code analysis tools which can, for example, apply the techniques of static or dynamic analysis, but we also make use of tools to demonstrably generate secure programme code from abstract, partly human-readable specifications.

Our work includes the following research topics (among others):

- Static and dynamic program analysis
- Automatic detection of software vulnerabilities and malware
- Secure software development processes
- Model-based development of mechatronic and embedded systems and of operational information systems

In 2019, several members of the workgroup were able to complete their PhD with an excellent dissertation. With his dissertation, Johannes Späth (formerly Fraunhofer IEM, now Heinz Nixdorf Institute) provides a series of important algorithmic contributions in the field of static program analysis, which make corresponding analysis tools orders of magnitude more precise and at the same time more efficient. Together with his colleagues Andreas Dann and Manuel Benz, Johannes Späth will transfer these results into a new commercial tool in 2020, by means of funding under the Startup.NRW programme. This tool will also be marketed in the future. Lisa Nguyen's dissertation deals with user experience aspects of static program analyses and shows how these can be improved constructively. These improvements have been extensively evaluated through several user studies. The dissertation by Philipp Holzinger (Fraunhofer SIT) provides a comprehensive analysis of the Java security architecture. It is the first work to show the fundamental, systemic design weaknesses of this architecture, which can also be transferred to other platforms. In addition, several methods are presented with which these design weaknesses can be eliminated and their influence on the security and efficiency of the platform are evaluated. In 2019, the workgroup's work was also honoured overall, with Professor Bodden being one of only 62 researchers worldwide to achieve the Distinguished Member status of the Association for Computing Machinery (ACM) this year for his research contributions.

## Sicherheitslücken bereits während des Entwicklungsprozesses aufdecken

Zur Vorbereitung einer Ausgründung im IT-Sicherheitsbereich erhalten Mitarbeiter aus der Fachgruppe „Softwaretechnik“, unter der Leitung von Professor Eric Bodden die Förderung „START-UP transfer.NRW“. Im Fokus der Gründung steht das Werkzeug CodeShield. Ein technologisch neuartiges Werkzeug, das Softwareentwickler/-innen dabei unterstützt, Software sicher zu implementieren.

In der Industrie ist Softwaresicherheit leider oft ein nachrangiges Thema, obwohl es von essenzieller Bedeutung für unsere Gesellschaft und Wirtschaft ist. Softwaresicherheit wird in der Praxis häufig erst in einem nachgelagerten Prozessschritt geprüft, nachdem die Funktionalität gesichert und die Entwicklung faktisch abgeschlossen ist. Anschließend untersuchen IT-Sicherheitsexperten den Code auf Schwachstellen und geben diese an die Entwickler zurück. Durch diesen Prozess entstehen unnötige Mehrkosten. Diese Mehrkosten können vermieden werden, indem Softwareentwickler bereits während des Entwicklungsprozesses vor Schwachstellen gewarnt werden. Hier setzt CodeShield an. CodeShield integriert sich nahtlos in die Entwicklungsprozesse und bietet neben Integrationen in Entwicklungsumgebungen auch automatisierte Security-Code-Reviews.

Dr. Johannes Späth, Manuel Benz und Andreas Dann formen das dreiköpfige Team hinter CodeShield. In ihrer Forschung haben sie neue Algorithmen entwickelt, mit denen bekannte und unbekannte Softwareschwachstellen automatisiert aufgedeckt werden können, und zwar sowohl im Anwendungscode als auch in eingebundenem Fremdcode. Das Besondere: Die Verfahren sind so schnell, dass sie, anders als bisher möglich, komplexe Schwachstellen direkt in der Entwicklungsumgebung noch während des Entwickelns aufzeigen können. Die Technologie kommt auch bereits im Werkzeug CogniCrypt zum Einsatz, das Johannes Späth in den letzten Jahren aktiv mitentwickelt hat. Außerdem wird nicht nur der selbstentwickelte Code analysiert, sondern auch die inkludierten externen Bibliotheken, z. B. Open-Source-Entwicklungen. Mit den neuen Verfahren lassen sich außerdem bislang unentdeckte Sicherheitslücken aufdecken, die noch in veralteten Bibliotheken lauern.

Professor Bodden, der Leiter der Fachgruppe „Softwaretechnik“ und Doktorvater der zukünftigen Gründer, unterstützt das Vorhaben aktiv. Der Projektfokus liegt nicht nur auf der Weiterentwicklung des Produktes, sondern auch auf einer bestmöglichen Vorbereitung der geplanten Ausgründung im Jahr 2020, beispielsweise durch spezielles Gründercoaching.

Das Gründerteam bezieht eine „Garage“ im Existenzgründungszentrum des TecUP am Technologiepark 8. Der neue Standort bietet einen engen Austausch mit anderen Gründern. Derzeit werden aktiv Pilotkunden und Partner gesucht, um das Werkzeug „CodeShield“ zielgerichtet für die Anwender zu entwickeln. Erste Unternehmen haben bereits Interesse an einer Zusammenarbeit geäußert.



**Manuel Benz, M.Sc.**

E-Mail: Manuel.Benz@codeshield.de  
Telefon: +49 5251 | 60 49 86



**Andreas Dann, M.Sc.**

E-Mail: Andreas.Dann@codeshield.de  
Telefon: +49 5251 | 60 49 87



**Dr. Johannes Späth**

E-Mail: Johannes.Spaeth@codeshield.de  
Telefon: +49 5251 | 60 49 80



Gefördert durch:



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

## Find critical security vulnerabilities already during development

CodeShield

In preparation for their IT-Security spin-off, researchers of the “Software Engineering” workgroup of Professor Eric Bodden received the funding “START-UP transfer.NRW”. With the help of the funding, the researchers aim to build the IT-Security tool CodeShield, a technologically innovative tool that helps software developers implement software securely.

Unfortunately, software security is still done in hindsight, despite its crucial role in society and economy. In fact, software security is often checked in a downstream process step: after functionality has been implemented and the development has effectively been completed. It is only after the development is done that IT security experts examine the software for vulnerabilities and report them back to the developers. This process generates unnecessary additional costs as the developers need to reimplement, test and deploy the software again. These costs can be avoided if software developers receive early security feedback during development. Here, CodeShield comes to the aid. To do so, CodeShield integrates seamlessly into the development processes and offers automated security code reviews during development.



M. Sc. Andreas Dann, M. Sc. Manuel Benz, Dr. Johannes Späth (v.l./FLTR)

Dr. Johannes Späth, Manuel Benz and Andreas Dann are the team behind CodeShield. The three got to know each other while collaborating in Eric Bodden’s workgroup at Fraunhofer IEM and the Heinz Nixdorf Institute. Within their research, they have invented new algorithms to detect security vulnerabilities automatically, both in application code and in integrated third party code. These methods stand out in terms of efficiency and effectiveness. In contrast to the current methods, they can identify even complex security vulnerabilities directly during development. The very same technology is also used for the security tool CogniCrypt which Johannes Späth actively contri-

buted to throughout its development in recent years. Furthermore, CodeShield does not only scan the in-house code, but also the included third party code, e.g. open-source libraries. Furthermore, the new technology enables finding unrevealed security vulnerabilities in obfuscated legacy libraries for the first time.

Professor Bodden, who is the leader of the “Software Engineering” workgroup and doctoral adviser of the future founders, actively supports the project. The team will receive EFRE funding starting November 2019. In addition, the founders will also receive regular coaching in order to prepare themselves for the new challenges. They just moved into a “garage” at TecUP at Technologiepark 8 where they are embedded into an innovative and energetic environment with fellow founders. Now, they are looking for pilot customers and partners to drive the development of their product. The first companies have already expressed interest in using CodeShield.



**Manuel Benz, M.Sc.**

E-mail: [Manuel.Benz@codeshield.de](mailto:Manuel.Benz@codeshield.de)

Phone: +49 5251 | 60 49 86



**Andreas Dann, M.Sc.**

E-mail: [Andreas.Dann@codeshield.de](mailto:Andreas.Dann@codeshield.de)

Phone: +49 5251 | 60 49 87



**Dr. Johannes Späth**

E-mail: [Johannes.Spaeth@codeshield.de](mailto:Johannes.Spaeth@codeshield.de)

Phone: +49 5251 | 60 49 80



Supported by:



EUROPEAN UNION  
Investing in our Future  
European Regional  
Development Fund



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



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



---

## Distinguished Member Award

### Auszeichnung für herausragende Forschung in der Informatik

---

Die weltweit größte Gesellschaft für Computerwissenschaften „The Association for Computing Machinery“ (kurz: ACM) honorierte Professor Eric Boddens Arbeit in der Informatik-Forschung und verlieh ihm den Titel „Distinguished Member“ – zu Deutsch: „ausgezeichnetes Mitglied“.

#### Stellenwert der Auszeichnung

In diesem Jahr erhielten 62 internationale Wissenschaftler diese Auszeichnung. Es sind unter anderem Forscher, die sich mit Themen wie Künstliche Intelligenz, Mensch-Maschine-Interaktion und Cyber Security auseinandersetzen. Das Distinguished-Member-Program wurde im Jahr 2006 ins Leben gerufen und ehrt diejenigen Mitglieder, die auf eine mindestens 15-jährige professionelle Berufserfahrung zurückgreifen können. Weitere Kriterien für diese Auszeichnung sind signifikante Leistungen, die im Bereich der Informatik erzielt wurden.

Die ernannten Distinguished Member aus dem Jahr 2019 fungieren als Vorbilder für ihre Fachkollegen. Sie repräsentieren die weltweite Reichweite der ACM sowie die breit gefächerte Auswahl an Unterdisziplinen, die die heutige Technologielandschaft kennzeichnen. Die ausgewählten Mitglieder erhalten durch diese bedeutende Auszeichnung der ACM eine Anerkennung für ihren Beitrag zu der Revolutionierung der Art und Weise, wie die Menschheit heute lebt, denkt und arbeitet.

#### Auszeichnung honoriert die Arbeit der gesamten Fachgruppe

Die Auszeichnung ist eine hochrangige Anerkennung der Arbeit der gesamten Fachgruppe Softwaretechnik. Es ist außerordentlich erfreulich, dass die Leistungen der Fachgruppe von Professor Boddens sowohl national als auch international in diesem hohen Maße Beachtung finden.

Seit 2016 leitet Professor Boddens die Fachgruppe „Software-technik“ am Heinz Nixdorf Institut und ist Direktor für Software-technik und IT-Sicherheit am Fraunhofer IEM. Er ist einer der führenden Experten auf dem Gebiet der sicheren Softwareentwicklung und legt den Fokus auf die Entwicklung hoch präziser Werkzeuge zur automatischen Programmanalyse. Eines der prominentesten Werkzeuge ist das statische Analyseframework „Soot“, das in zahlreichen Forschungs- und Industrieprojekten eingesetzt wird. Professor Boddens sieht es daher als großen Ansporn, diese Werkzeuge ständig weiterzuentwickeln und der Forschungscommunity zur Verfügung zu stellen.



Prof. Dr. Eric Boddens

#### Schwerpunkte der ACM

Die ACM bringt, mit weltweit rund 100.000 Mitgliedern, Forschende und Fachleute zusammen, um den Dialog anzuregen, Ressourcen auszutauschen und die Herausforderungen der Computerwissenschaft anzugehen. Dabei unterstützt die ACM die berufliche Weiterentwicklung ihrer Mitglieder, indem sie Möglichkeiten für die Karriereentwicklung sowie für professionelles Networking schafft.



Prof. Dr. Eric Boddens  
E-Mail: [Eric.Boddens@upb.de](mailto:Eric.Boddens@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 65 63

---

---

## Distinguished member award

### Award for excellent research in computer science

---

The Association for Computing Machinery (ACM), the world's largest society in computing, honoured Professor Bodden's work in computer science research and awarded him the title "Distinguished Member".

#### Importance of the award

This year, 62 international scientists received this award. Among other things, they are researchers who work on topics such as artificial intelligence, human-machine interaction and cyber security. The Distinguished Member program was founded in 2006 and recognises members with at least 15 years of professional experience. Further criteria for this award are significant accomplishments or a significant impact on the computing field.

The ACM 2019 Distinguished Members are exemplars for their peers. They represent ACM's worldwide geographic reach and the broad range of subdisciplines that constitute today's technology landscape. The selected members receive this significant award from ACM in recognition of their contribution to revolutionising the way humanity lives, thinks and works today.

#### Award honours the work of the entire workgroup

The award is a high-ranking recognition of the work of the entire "Software Engineering" workgroup. It is extremely gratifying that the achievements of Professor Bodden's workgroup have received such high recognition both nationally and internationally.

Since 2016, Professor Bodden has been heading the "Software Engineering" workgroup at the Heinz Nixdorf Institute and is Director for Software Engineering and IT Security at the Fraunhofer IEM. He is one of the leading experts in the field of secure software development and focuses on the development of highly precise tools for automated program analysis. One of the most prominent tools is the static analysis framework "Soot", which is used in numerous research and industrial projects. Thus, Professor Bodden sees it as a great incentive to continuously refine these tools and make them available to the research community.

#### Focuses of the ACM

The ACM brings together, with around 100,000 members worldwide, researchers and professionals to inspire dialogue, share resources and address the challenges of computer science. The ACM supports the professional development of its members by creating opportunities for career development and professional networking.



Prof. Dr. Eric Bodden  
E-mail: Eric.Bodden@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 63

---

## Deutsch-brasilianische Zusammenarbeit zog Gastwissenschaftler nach Paderborn

Professor Rodrigo Bonifácio von der Universität Brasília kooperierte während seines Sabbatjahres am Heinz Nixdorf Institut intensiv mit Professor Eric Bodden und der Fachgruppe „Softwaretechnik“. Durch den Forschungsaufenthalt wurden Akzente für zukünftige Kooperationen gesetzt, die zur weiteren Verbreitung der unter der Leitung von Professor Bodden entwickelten Methoden zur korrekten Verwendung von kryptografischen Verfahren beitragen werden.

Aufbauend auf seiner Promotion, bei der sich Professor Bonifácio mit neuen Techniken zur Modularisierung von Softwareprodukten in Features zu Softwareproduktlinien auseinandersetzte, entschied er sich im Juli letzten Jahres für eine fachübergreifende Forschungsarbeit mit Professor Bodden und der Fachgruppe „Softwaretechnik“.

### Kooperationsschwerpunkte

Professor Bonifácio sammelte u. a. in der statischen Analyse sowie im Bereich Softwaresicherheit neue Ansatzpunkte für seine Forschung. Im Rahmen des CogniCrypt-Projekts unter der Leitung von Professor Bodden unterstützte er Softwareentwickler bei der sicheren Verwendung von kryptografischen Verfahren und beteiligte sich dabei zum einen an der Weiterentwicklung der Spezifikationssprache CrySL zur Beschreibung korrekter Nutzung kryptografischer Bibliotheken. Zum anderen nutzte er CrySL auch, um eine neuartige Bibliothek für Kryptografie von Google zu spezifizieren. Er beschäftigte sich weiterhin mit dem Framework für statische Analyse Soot, das von der Fachgruppe „Softwaretechnik“ entwickelt wird.

### Vergleich der Forschungslandschaften

Unterschiede in der Forschung zwischen Deutschland und Brasilien sieht Professor Bonifácio in der Validierung der Forschungsergebnisse, die sich vor allem im Rahmen des CogniCrypt-Projekts bemerkbar machen, da dort statische Analysealgorithmen nach der Entwicklung sofort in die Tool Suite integriert werden.

Weiterhin stellt Professor Bonifácio signifikante Unterschiede in der Forschungsförderung heraus. Seiner Ansicht nach wird die Forschung in Deutschland als wichtiger Teil zur Weiterentwicklung des Landes angesehen, während die staatliche Projektförderung in Brasilien häufig von der aktuellen politischen Situation abhängig ist. Derzeit ist dieses Thema in Brasilien von höchster Relevanz, da Forschungsgelder stetig zurückgehen und Forschungsprojekte in den meisten Fällen von Regierungsinstitutionen gefördert werden. Einrichtungen wie das Heinz Nixdorf Institut in Paderborn schaffen es, Professor Bonifácio zufolge, als Schnittstelle zu politischen Entscheidungssträ-

gern und Multiplikatoren, die optimalen Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung zu schaffen.

### Rückblick auf den Forschungsaufenthalt

Auf seine Zeit am Heinz Nixdorf Institut blickt er mit Freude zurück. Besonders beeindruckt haben ihn hier die große interkulturelle Vielfalt sowie die dynamische und motivierende Arbeitsatmosphäre, die Forschende stets zur Zusammenarbeit einlädt. An Paderborn schätzt er im Gegensatz zur Millionenstadt Brasília vor allem die Ruhe sowie die kurzen Wege. So wird Professor Bonifácio auch nach seiner Rückkehr nach Brasília gerne an seine Zeit in Deutschland sowie ein gemütliches Frühstück mit bester Aussicht auf den Paderborner Dom zurückdenken.



Professor Rodrigo Bonifácio de Almeida während seines Forschungsaufenthalts in Paderborn  
Professor Rodrigo Bonifácio de Almeida during his research stay in Paderborn



**Prof. Dr. Eric Bodden**  
E-Mail: [Eric.Bodden@upb.de](mailto:Eric.Bodden@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 65 63

---

## German-Brazilian cooperation brings guest scientists to Paderborn

---

During his sabbatical year at the Heinz Nixdorf Institute, Professor Rodrigo Bonifácio from the University of Brasília cooperated intensively with the “Software Engineering” workgroup. As a result of this research stay, the details were set for future cooperation, which, among other things, will contribute to the further dissemination of the methods developed under the direction of Professor Eric Bodden for the correct use of cryptographic techniques.

Based on his graduation, during which Professor Bonifácio focused on new techniques for the modularisation of software products in the features of software product lines, he decided in July 2018 to conduct interdisciplinary research with Professor Bodden and the “Software Engineering” workgroup. He particularly underlined the importance of the cooperation between the University of Brasília and the University of Paderborn.

### Key aspects of the cooperation

Professor Bonifácio collected new starting points for his research in the areas of static analysis and software security. As part of the CogniCrypt project under the leadership of Professor Bodden, he was significantly involved in supporting software developers in the secure use of cryptographic processes and in the further development of the CrySL specification language to describe the correct use of cryptographic libraries. He also used CrySL to specify a new library of Google cryptography. He further focused on the framework for static analysis Soot, which is developed by the “Software Engineering” workgroup, and in particular on SVFA analyses in the context of Soot.

### Comparison of research conditions

Professor Bonifácio identifies the differences in research between Germany and Brazil, e.g. in the validation of research results. The “Software Engineering” workgroup often focuses on end products, but in Brazil prototypes are mainly used. This difference was particularly noticeable in the CogniCrypt project, where static analysis algorithms are integrated into the tool suite immediately after development. Professor Bonifácio now wants to transfer the product focus and the expertise he has gained in the field of static analysis to his work in Brazil and continue his research in the field of program analysis and manipulation.

Furthermore, Professor Bonifácio underlines the significant differences in research funding. In his opinion, research in Germany is seen as an important part of the country’s further development, while government project funding in Brazil often depends on the current political situation. This topic is currently of the greatest relevance in Brazil, as research funding is steadily decli-



Prof. Li Weigang (Universität Brasília), Prof. Gladston Luiz da Silva (Institut für exakte Wissenschaften, Universität Brasília), Prof. Eric Bodden, Prof. Rodrigo Bonifácio (v.l.)  
Prof. Li Weigang (University of Brasília), Prof. Gladston Luiz da Silva (Institute of Exact Sciences, University of Brasília), Prof. Eric Bodden, Prof. Rodrigo Bonifácio (FLTR)

ning and research projects are mostly funded by government institutions. According to Professor Bonifácio, institutions such as the Heinz Nixdorf Institute in Paderborn are able to create the optimal framework conditions for research and development as an interface to political decision-makers and multipliers.

### Looking back on the research stay

He looks back with joy on his time at the Heinz Nixdorf Institute. He was particularly impressed by the great intercultural diversity and the dynamic and motivating working atmosphere, which always invites researchers to work together. In contrast to Brasília, a city with more than a million people, he particularly enjoys the calmness and short distances in Paderborn. Regardless of whether on foot, by bicycle or by public transport – interesting new places to explore are never far away. After his return to Brasília, Professor Bonifácio will remember his time in Germany and the comfortable breakfast with the best view of Paderborn Cathedral.



Prof. Dr. Eric Bodden  
E-mail: Eric.Bodden@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 63

---



»» Programmieren ist wie das Komponieren einer Symphonie. ««

»» Programming is like composing a symphony. ««

---

## Jan Martin Persch

M.Sc.  
Softwaretechnik

---

Seit Februar 2019 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand bei Professor Eric Bodden in der Fachgruppe „Softwaretechnik“. Hier beschäftige ich mich im Rahmen meiner Forschungstätigkeiten mit der statischen Analyse von Programmcode zur Erkennung von sicherheitsrelevanten Schwachstellen, um Softwareentwickler dabei zu unterstützen, Software fehlerfreier zu implementieren. Einen Schwerpunkt dabei bildet die Analyse von Sprachen der Norm IEC 61131-3, in welcher Programmiersprachen für speicherprogrammierbare Steuerungen definiert sind. Neben der Forschung bin ich auch in der Lehre tätig, indem ich derzeit beispielsweise die Übungen zur Vorlesung DeCA mitbetreue.

Gebürtig aus dem Landkreis Kassel kommend, habe ich Anfang der 2000er-Jahre eine Ausbildung zum Fachinformatiker Fachrichtung Systemintegration in Kassel absolviert. Anschließend habe ich an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Schmalkalden mein Studium zum Diplom-Informatiker (FH) erfolgreich abgeschlossen. Nach dem Studium war ich als Softwareentwickler im Bereich der Geokodierung tätig. Ich habe mich dann entschlossen, meine akademische Ausbildung fortzusetzen, und habe an der Universität Kassel den Master-Studiengang in Informatik belegt. Nach Abschluss des Studiums zum Master of Science war ich einige Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Kassel sowie als assoziierter Wissenschaftler an der Universität St. Gallen (Schweiz) tätig.

Bereits seit meiner Ausbildung beschäftige ich mich mit Programmiersprachen. Besonders angetan hat es mir die objekt-orientierte Welt mit Sprachen wie Java, Kotlin und C#. Aber auch die Anwendung von regulären Ausdrücken zur Entwicklung von Parsern und Compilern bereitet mir viel Freude. Ein besonderer Anreiz beim Programmieren ist für mich, so viel wie möglich aus der Syntax und den Features der Sprachen herauszuholen und durch geschickte Implementierung von Funktionalitäten die Grenzen der Programmiersprachen zu überschreiten.

Vor einigen Jahren habe ich mein Interesse am American Football entdeckt. Diese Sportart ist taktisch sehr anspruchsvoll – sozusagen wie Schach auf dem grünen Rasen –, aufgrund dessen die Spiele meist sehr spannend sind und sich oftmals erst in den letzten Spielsekunden entscheiden.

---

## Jan Martin Persch

M.Sc.  
Software Engineering

---

I have been working in Professor Eric Bodden's "Software Engineering" workgroup since February 2019. I am researching in the field of static analysis of program code to find security relevant vulnerabilities with the intention to support software developers in implementing more reliable software. One focus of my work is the analysis of languages of the international standard IEC 61131-3 that defines programming languages for programmable logic controllers. Besides my research activities, I am also active in teaching, for example, by currently supervising the exercise sessions of the DeCA lecture.

At the beginning of the 2000s, I completed an apprenticeship as an IT specialist in systems integration. Afterwards, I successfully completed my studies as Diplom-Informatiker (FH) at the Schmalkalden University of Applied Sciences. Subsequently, I worked as a software developer in the field of geocoding. Then I decided to continue my academic education and completed my master's degree in computer science at the University of Kassel. Subsequently, I worked as a research assistant at the University of Kassel and as an associated researcher at the University of St. Gallen (Switzerland).

Since my apprenticeship, I have focused on programming languages. I especially like the object-oriented world with languages such as Java, Kotlin and C#. However, I also enjoy the application of regular expressions to create parsers and compilers. A special incentive for me to program is to make full use of the syntax and features of the languages and to exceed the limits of the programming languages by a sophisticated implementation of functionalities.

Several years ago, I discovered my interest in American football. This sport is tactically very challenging, so to speak, like chess on the green grass, so that the games are usually very exciting and often the last seconds are crucial to the game.

# Adaptive Drahtlose Netze in der Welt der Cyber-Physischen Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer

Die adaptive Erkennung und Ausnutzung vorhandener Kommunikationsressourcen unter Beachtung möglicher Echtzeitanforderungen ist die Grundlage für die Realisierung verteilter eingebetteter Systeme. Mit den Ergebnissen unserer Grundlagenforschung unterstützen wir Anwendungsdomänen wie etwa die Beobachtung von Fledermäusen mit ultraleichten Sensorknoten, die Kooperation vernetzter autonomer Autos und Industrieautomatisierungslösungen.

E-Mail: [Falko.Dressler@hni.upb.de](mailto:Falko.Dressler@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 65 10

 [www.ccs-labs.org](http://www.ccs-labs.org)

 **acatech**

MITGLIED VON

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



# Adaptive wireless networks in the world of cyber physical systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer

Flexibly adapting to the availability of dynamic communication resources under strict real-time constraints is the basis for the development of distributed embedded systems. Our fundamental research results provide the basis for challenging application domains, such as wildlife monitoring of bats carrying tiny embedded sensor nodes, the cooperation of networked autonomous cars and industry automation.

E-mail: [Falko.Dressler@hni.upb.de](mailto:Falko.Dressler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 65 10

 [www.ccs-labs.org](http://www.ccs-labs.org)

 **acatech**

MEMBER OF GERMAN ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING





---

## Fachgruppe Verteilte Eingebettete Systeme

---

Die Forschungsschwerpunkte der Fachgruppe fokussieren auf adaptive Drahtloskommunikation, Methoden der Selbstorganisation und den Entwurf eingebetteter Systeme. Anwendungsdomänen der entwickelten Verfahren, Methoden und Werkzeuge sind Sensornetze, das Internet der Dinge, Fahrzeugkommunikation, Industrieautomatisierung, Cyber-Physische Systeme, Industrie 4.0 und Nano-Kommunikation.

### Ultra-Low-Power-Kommunikation und Entwurf eingebetteter Systeme

Wir arbeiten an neuartigen Weckrufempfängern (Wake-Up Receiver) und Methoden der Drahtloskommunikation, welche den Energiebedarf deutlich reduzieren. Dazu werden Entwurfsmethoden für eingebettete Systeme mit der Forschung an alternativen Kommunikationsprotokollen verknüpft. Ebenfalls forschen wir an erhöhter Zuverlässigkeit der Kommunikation, z. B. durch Ausnutzung von Diversitätsgewinnen und durch entsprechende Kodierungen. Ausblickend werden die Methoden auch im Bereich von Nanosystemen einsetzbar gemacht. Komplementär dazu entwickeln wir Strategien zur Auslagerung von Aktivitäten von Smartphones in cloudbasierte Systeme.

### Verteilte Echtzeitregelung und Ultra-Low Latency

Verteilte Echtzeitregelung und Ultra-Low-Latency-Kommunikation (URLLC) in drahtlosen Netzen sind die Basis für neuartige Anwendungen im Bereich Cyber-Physical-Systems (CPS) und Internet-of-Things (IoT), bei welchen eine verteilte Überlastkontrolle in drahtlosen Netzen die Basis für Anwendungen mit weichen Echtzeitanforderungen darstellt. Dies gilt u. a. in der Anwendungsdomäne Fahrzeugkommunikation. Hier ent-

wickelten wir Beaconprotokolle, welche durch heterogene Kommunikationstechnologien wie z. B. die Kommunikation über sichtbares Licht ergänzt werden. Im Bereich harter Echtzeit forschen wir an Anwendungen wie dem automatisierten Kolonnenfahren oder Kreuzungsassistenzen für den Einsatz im automatisierten Fahren. Jenseits der Fahrzeugnetze stehen insbesondere Industrieautomatisierungslösungen sowie Konzepte des taktilen Internets auf der Forschungsagenda.

### Modellierung, Simulation und Feldtests

Unser Veins-Simulator ist mittlerweile zum De-facto-Standard in der Fahrzeugkommunikationswelt geworden. Er basiert auf validierten Modellen für Signalausbreitung, aktuellen Protokollstandards bis hin zu realistischen Mobilitätsmodellen. Veins wurde kürzlich durch Modelle für LTE (Veins LTE) sowie das Kolonnenfahren (PLEXE) ergänzt. Auf der Forschungsagenda stehen neue Modelle für die Kommunikation über Licht. Auf der experimentellen Seite sind Open-Source-Lösungen wie OpenC2X, eine Linux-basierte Lösung für Feldtests im Automobilbereich, aber auch unsere populäre GNU-Radio-Implementierung für softwarebasierte Radios (Software-Defined-Radio) zu nennen.



Forschungsklausur 2019  
Research retreat 2019

---

## Workgroup Distributed Embedded Systems

---

Our research objectives include adaptive wireless networking, self-organisation techniques and embedded system design with applications in ad hoc and sensor networks, Internet of Things, vehicle-to-X networks, industry automation, cyber physical systems, “Industrie 4.0” and nano-networking.

### Ultra-low power communication

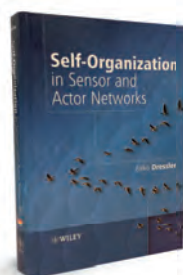
We are working on novel wake-up receiver designs as well as low power wireless communication. This work couples the design of embedded systems with that of novel communication protocols. Examples include our BATS system for monitoring small animals in their natural habitats and our recent WLAN wake-up system, which brings low-power WLAN to the next level. In this scope, we also conduct research on reliable wireless communication using diversity techniques and fountain codes. The work is also a basis for next generation nano communication systems. Complementary, we also develop off-loading strategies as well as energy prediction models for the Android world.

### Networked control and ultra-low latency

We are working on ultra reliable and low-latency communication (URLLC), which is the basis for next generation CPS and IoT services. Distributed congestion control for wireless communication is the basis for soft real-time applications, particularly in the vehicular networking field. Our beaconing protocols are complemented by heterogeneous networking concepts particularly including visible light communication. On the hard real-time side, we design platooning control and intersection safety systems. Besides vehicular networks, this work also covers industry automation solutions (wired and wireless) as well as research in the scope of the Tactile Internet initiative.

### Modelling, simulation, and experimentation

Our Veins simulator has become the de facto standard in the vehicular networking research community and is based on validated models ranging from accurate signal propagation models to current protocol standards, and to realistic vehicle mobility. Recently, we extended the framework for covering LTE (VeinsLTE) as well as platooning control (PLEXE). Our road map continues to provide models for visible light communication. On the experimental side, we developed our own Linux-based field test devices for vehicular networking applications as well as widely-used GNU radio based software defined radio solutions supporting protocol design and evaluation on the physical layer.



**Self-Organization in Sensor and Actor Networks.**  
Herausgeber: John Wiley & Sons.  
[www.selforg.org](http://www.selforg.org)



**Vehicular Networking.**  
Herausgeber: Cambridge University Press.  
[book.car2x.org](http://book.car2x.org)



## Präzise Angriffs-Erkennung für Netzwerke basierend auf Applikations-Klassifizierung (PANDA)

Der Trend zu immer schnelleren und größeren Computer-Netzwerken zusammen mit einer steigenden Anzahl von Angriffen auf diese Netzwerke bilden die Notwendigkeit für neuartige Systeme mit verbesserten Algorithmen zur Detektierung von Netzwerkangriffen, da bestehende Ansätze unter Zuhilfenahme von Deep Packet Inspection (DPI) nur begrenzten Erfolg bieten.

Im Panda-Projekt untersuchen und entwickeln wir Ansätze zur Aggregation von Netzwerkverkehrs-Flüssen (sog. flows) basierend auf DPI in einer Art und Weise, um Anwendungen und deren Protokoll-Dialekte zu identifizieren. Basierend darauf können detaillierte Signaturen erstellt und dynamisch adaptiert werden, um die Computer-Netzwerke ganzheitlich zu überwachen und zu schützen. Das Erkennen von Angriffen auf große administrative Netzdomänen, z. B. ein Unternehmensnetz bestehend aus mehreren Subnetzen, geschieht heutzutage i. d. R. zentralisiert, indem Datenverkehr am Uplink zum Internet analysiert wird. Dies gestattet es, Angriffe aus dem Internet zu erkennen, birgt jedoch entscheidende Nachteile in sich. Insider-Angriffe können, unabhängig davon, ob sie gezielt initiiert oder von kompromittierten (privaten) Geräten ausgelöst werden, nicht erkannt werden. Ein netzübergreifendes verteiltes Monitoring wäre eine zweckmäßige Alternative zu etablierten Verfahren, stößt jedoch auf eine Reihe bisher ungelöster Probleme:

- 1) Das Datenaufkommen in den Subnetzen ist sporadisch sehr hoch und häufig stark schwankend (z. B. Last-Peaks von bis zu 10 Gbit/s).
- 2) Die hohen Datenraten zusammen mit den typischerweise eingesetzten Standardkonfigurationen für Monitoringverfahren implizieren i. d. R. hohe Fehlalarmraten.
- 3) Der Datenverkehr wird zunehmend verschlüsselt und entzieht sich traditionellen Analysemethoden.
- 4) Die verstärkte Nutzung von Virtualisierungstechniken, z. B. virtuelle Maschinen/Netze, schafft Bereiche, die dem Monitoring nicht zugänglich sind.

### Forschungsfragen

Für das Sicherheits-Monitoring werden bisher, i. d. R. getrennt, Flow-Aggregation und Deep Packet Inspection (DPI) eingesetzt. Die Flow-Analyse betrachtet bisher nur Accounting-Informationen bis zur Transportschicht. Durch neue Technologien wie virtuelle Netze werden die Transportschicht-Informationen in der Flow-Aggregation verwässert, da zum Teil gleiche IP-Adressen für unterschiedliche Systeme stehen. Darüber hinaus erschweren neue Protokolle wie HTTP/2 die Analyse, da oftmals weite-



**Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler**

E-Mail: [dressler@ccs-labs.org](mailto:dressler@ccs-labs.org)

Telefon: +49 5251 | 60 65 10



Gefördert durch: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Projektpartner: BTU Cottbus, Verteilte Eingebettete Systeme (Universität Paderborn)

rer Kontext (z. B. Einzelverbindung, Multiplexing) fehlt. Ebenso läuft die DPI oft ins Leere, weil dieser keine Kontextinformationen über die beobachtete Anwendung zur Verfügung stehen.

### Methodik

Im Projekt werden die Verfahren der Flow-Aggregation und der DPI komplementär eingesetzt. Schwerpunkte der Untersuchungen sind eine signifikante Reduzierung des an einem Messpunkt zu analysierenden Datenaufkommens, die Prüfung der Sinnfälligkeit von Alarmen, das Monitoring von Datenflüssen auch in virtuellen Umgebungen, Analysen kryptografischen Verkehrs, um auf die unterstützten Anwendungen und verwendeten Protokolle zu schließen, und Verfahren zur kooperativen Analyse innerhalb der administrativen Domäne. Zu den zu lösenden Problemen gehören u. a. eine genaue Anwendungserkennung für die DPI einschließlich verwendeter Protokoll-dialekte, um die Signaturbasen dynamisch an den jeweiligen Kontext anpassen zu können, die performante Aggregation von sicherheitsrelevanten Informationen aus der Anwendungsschicht zu AppFlows, um Analyseverlagerungen zu ermöglichen, die Aggregation von Informationen unterhalb der Vermittlungsschicht, um virtuelle Systeme in das Monitoring zu integrieren, und die Extraktion von Parametern aus TLS-Handshakes, um Probleme mit veralteten Kryptoverfahren zu erkennen.

## Precise Attack Detection for Network Domains by Application Classification (PANDA)

The trend towards faster and larger computer networks together with an ever-increasing number of attacks on these networks constitute the need for novel and advanced network attack detection schemes where traditional approaches based on Deep Packet Inspection (DPI) only provide limited success.

The Panda project investigates flow aggregation based DPI by focusing on the accurate identification of applications and observed protocol dialects allowing a dynamic adaption of the signature bases for network monitoring in a holistic manner. The detection of attacks on large administrative network domains, e. g., an enterprise network consisting of multiple subnets, is nowadays usually accomplished centrally by analysing the data traffic on the uplink to the Internet. This allows for detecting attacks from the Internet, but has substantial disadvantages.

Insider attacks cannot be detected, regardless of whether they are initiated deliberately or triggered by compromised (private) devices. A network-wide distributed monitoring would be a useful alternative to established procedures, but it faces a number of still unsolved problems:

- 1) Data rates in the subnets are sporadically very high and often highly variable (e. g., load peaks of up to 10 Gbit/s).
- 2) High data rates along with the standard configurations that are typically used for monitoring usually imply high false alarm rates.
- 3) Data traffic is increasingly encrypted and eludes traditional analysis methods.
- 4) The increased deployment of visualisation technologies, such as virtual machines and networks, establishes areas that are inaccessible for monitoring measures.

### Research Challenges

When performing security monitoring usually flow aggregation and deep packet inspection (DPI) are carried out separately. Flow analysis so far considers only accounting information up to the transport layer. New technologies, such as virtual networks, dilute transport layer information resulting from flow aggregation because same IP addresses now represent different systems. In addition, new protocols, such as HTTP/2, further complicate the analysis process because additional context is often missing, e. g., single connection or multiplexing. Likewise, the DPI often runs into the void, since there is no contextual information regarding the observed application.



Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler

E-mail: [dressler@ccs-labs.org](mailto:dressler@ccs-labs.org)

Phone: +49 5251 | 60 65 10

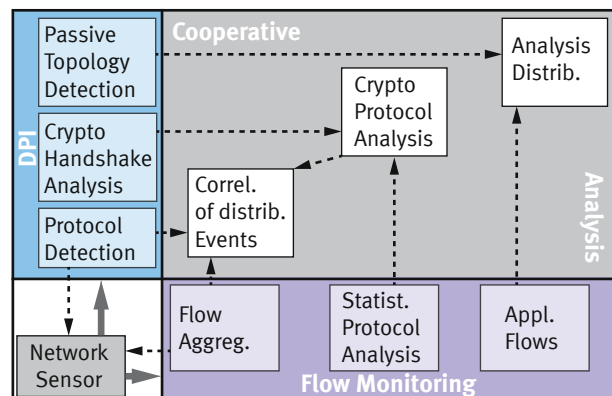


Supported by: DFG (German Research Foundation)

Project partners: BTU Cottbus, Distributed Embedded Systems (Paderborn University)



[www.ccs-labs.org/projects/panda](http://www.ccs-labs.org/projects/panda)



Panda-Projekt  
Panda-Projekt

### Methodology

In the proposed research project, the methods of flow aggregation and DPI will be used complementarily. The key aspects of the investigations are a significant reduction of the data volume to be analysed at the network sensor, in combination analyses of cryptographic traffic to infer supported applications and applied protocols. Developed solutions in that context allow an accurate identification of applications including observed protocol dialects, if distinguishable. This provides the necessary context for the DPI to allow a dynamic adaptation of the signature bases to the context. Moreover, it allows for the extraction of parameters from initiating handshakes during the connection establishment of encrypted channels to detect vulnerabilities raised by outdated crypto methods.

## Broadly Applicable Tracking System (BATS)

In diesem Jahr wurde das interdisziplinäre Projekt BATS (Broadly Applicable Tracking System) zu einem erfolgreichen Ende gebracht. Die erzielten Ergebnisse haben die Möglichkeiten bei der Beobachtung von Tieren in freier Wildbahn deutlich erweitert und geben völlig neue Einblicke in das Verhalten von Fledermäusen.

Seit 2012 forschte unsere Fachgruppe an einem neuartigen System zur Beobachtung von Tieren in der Natur zusammen mit Biologen der Humboldt Universität Berlin und mit Elektrotechnikern und Informatikern der Universitäten in Erlangen und Braunschweig. Da die bisher verfügbaren Techniken nur für größere Tiere geeignet waren, lag der Fokus auf der Miniaturisierung der verwendeten Sensorknoten. Dadurch ist es nun möglich, auch kleine Tiere in ihrem natürlichen Verhalten zu beobachten.

Diese Miniaturisierung brachte viele technische Herausforderungen mit sich, die erfolgreich gelöst wurden und zu einem System geführt haben, das neue Maßstäbe im Bereich der Tierbeobachtungen setzt. Die entwickelten Sensorknoten wiegen weniger als 2 g und ermöglichen dennoch vielfältige Beobachtungsmöglichkeiten. So können das soziale Verhalten der Tiere untersucht werden, die Bewegungen über ein Netz von Bodenstationen präzise verfolgt und gesammelte Informationen über mehrere Kilometer weit übermittelt werden.

### Soziales Netzwerk

Um das soziale Verhalten der Fledermäuse zu studieren, sind die Sensorknoten in der Lage, andere Knoten in unmittelbarer Nachbarschaft zu detektieren und die gesammelten Nachbarschaftsinformationen an die Bodenstationen zu übermitteln. Um möglichst energieeffizient zu arbeiten, kommen dabei sogenannte Weckrufempfänger (Wake-Up-Receiver) zum Einsatz, die nur extrem wenig Energie benötigen. Um die gesammelten Informationen mit hoher Zuverlässigkeit an die Bodenstationen zu übermitteln, wurden Diversity-Combining-Techniken angewendet, die die empfangenen Signale der einzelnen Bodenstationen zu einem einzigen kombinieren und damit die Empfangsrate deutlich erhöhen.

### Bewegungsprofil

Neben dem Empfangen der Nachbarschaftsinformationen können mit den Bodenstationen auch die Flugbahnen der Fledermäuse registriert werden. Die Bodenstationen sind dafür mit Richtantennen ausgestattet, mit denen der Winkel einer Fledermaus im Verhältnis zur Bodenstation bestimmt werden kann.

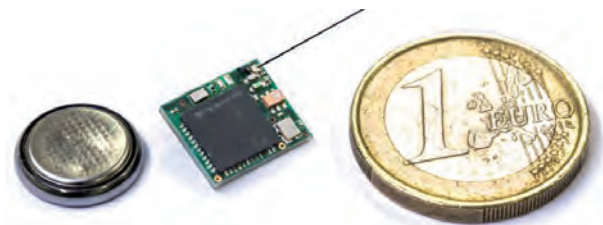


Foto eines Sensorknotens und einer Batterie neben einem 1-Euro-Stück zum Größenvergleich

Photo of a sensor node and a battery next to a 1 euro piece for size comparison

Aus den gesammelten Informationen aller Bodenstationen lässt sich so ein detailliertes Bewegungsprofil der Fledermäuse mit einer Genauigkeit von 5 m erstellen.

### Langstreckenkommunikation

Da die Fledermäuse sich nicht immer im Bereich der Bodenstationen aufhalten, wurde außerdem ein System zur Langstreckenkommunikation entwickelt. Zum Empfang der Daten wurden Empfangsantennen auf Hausdächern installiert und ein Verfahren zur Vorwärtsfehlerkorrektur implementiert, mit dem die Daten noch in 4 km Entfernung empfangen werden konnten.

### Erfolgreicher Abschluss

Das Projekt BATS hat sowohl im technischen als auch im biologischen Kontext viele neue Erkenntnisse hervorgebracht, die in zahlreichen wissenschaftlichen und journalistischen Formaten veröffentlicht wurden. Nach der erfolgreichen Erprobung des Systems an Fledermäusen sind in Zukunft auch weitere Anwendungsfelder denkbar.



**Johannes Blobel, M.Sc.**  
E-Mail: Johannes.Blobel@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 61 94



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Projektpartner: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Humboldt-Universität zu Berlin, Technische Universität Braunschweig

---

## Broadly Applicable Tracking System (BATS)

---

This year, the interdisciplinary project BATS (Broadly Applicable Tracking System) finished successfully. The accomplished results have significantly extended the possibilities of wildlife monitoring and brought new insights into the behaviour of bats.

Since 2012, our workgroup has developed a new system to monitor wildlife animals in their natural habitat in a joint project with biologists from Humboldt University of Berlin and with electrical engineers and computer scientists from Erlangen and Braunschweig. The technology that has been available so far was only applicable for larger animals, which is why the developed sensor nodes have been significantly miniaturised. With this new system, it is now possible to also monitor smaller animals and study their natural behaviour.



Konzeptioneller Überblick über die Fähigkeiten des BATS-Systems  
Conceptual overview of the abilities of the BATS system

The miniaturisation brought along many technical challenges that have been successfully solved in the past years which led to a system that sets a new benchmark in the area of wildlife monitoring. The developed sensor nodes weigh less than 2g while still offering multiple tracking and monitoring options to researchers. The system can monitor the close neighbourhood, track the movement of individual animals and send the collected data over a range of multiple kilometres.

### Social Network

To monitor the social behaviour of the bats, the sensor nodes are able to sense other nodes in their direct neighbourhood and to transmit the collected neighbour information to base stations that are deployed in the monitoring area. Each sensor node sends out a so-called beacon in regular intervals, which includes a unique ID. These beacons are then received by all other nodes in close proximity. In order to make this reception very energy efficient, the nodes use a so-called wake-up receiver



Johannes Blobel, M.Sc.

E-mail: Johannes.Blobel@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 61 94



Supported by: German Research Foundation (DFG)

Project partners: Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg, Humboldt-Universität Berlin, Braunschweig University of Technology

---

that uses very little energy to detect the signals of other nodes. To increase the reliability of the data transmission, the base stations employ diversity combining techniques that combine the received signals of multiple base stations into one.

### Movement Tracking

In addition to receiving the neighbouring information from the mobile nodes, the base stations can also precisely track the movement patterns of the bats. They are equipped with directional antennas that can determine the angle of the bats in relation to the base station. By combining these angles using triangulation, the position of the nodes and their movement can be tracked with a precision of up to 5m.

### Long Range Telemetry

Since the bats are not always within range of the base stations, an additional system for long range telemetry has been developed. To receive data over a distance of up to 4km, receiving antennas have been installed on roofs in an urban area. The communication protocol uses a novel telegram splitting scheme and forward error correction to cope with the interference of signals.

### Successful Completion

In the BATS project, many new insights into the biological and technical realm have been gained and the results were presented in academic and journalistic publications. After the successful testing of the system by monitoring bats, other applications are possible in the future.

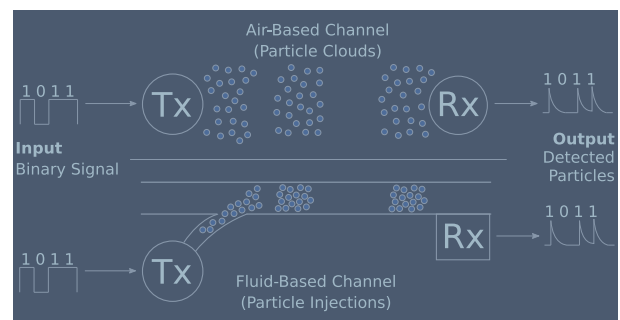
## Entwicklung von Simulationswerkzeugen für molekulare Kommunikationsnetzwerke (MaMoKo)

Ende 2018 startet das MaMoKo-Projekt an fünf deutschen Hochschulen, bei dem industrielle Anwendungen von molekularer Kommunikation entwickelt werden. Hier werden mikroskopische Teilchen für die Informationsübertragung genutzt. Das Ziel der Paderborner Forscher: Die Simulation verschiedenster molekularer Netzwerke.

Ob im Mobilfunk, Radio und Fernsehen oder wachsenden Feldern wie dem autonomen Fahren oder dem „Internet of Things“, drahtlose Kommunikation ist heute weitverbreitet. Informationen werden dabei durch elektromagnetische Wellen vom Sender an ein oder mehrere Empfänger verschickt. Für bestimmte Anwendungsfälle ist diese Art der drahtlosen Kommunikation jedoch ungeeignet, zum Beispiel wenn medizinische Geräte innerhalb des Körpers kommunizieren sollen oder wenn im industriellen Kontext brennbare Stoffe eine Gefahrenquelle darstellen. Eine Lösung kann molekulare Kommunikation sein, bei der kleinste Partikel im Mikro- bis Nanobereich zur Informationsübertragung eingesetzt werden. Empfänger müssen diese Partikel detektieren und das Signal aus der messbaren Konzentration rekonstruieren. Im MaMoKo-Projekt, das vom BMBF mit über 3 Millionen Euro gefördert wird, untersuchen fünf Hochschulen industrielle Anwendungen für diese Technologie. Eine Gruppe aus Kiel experimentiert mit luftbasierten Partikeln, die pulsartig in den Raum gesprüht werden. In Erlangen werden magnetische Partikel in einem flüssigkeitsdurchströmten Rohrsystem genutzt. Diese Anordnungen können später Einsatz in chemischen Anlagen, Pipelines, Luftschächten oder Tunnelssystemen finden. Um die relativ aufwendigen Experimente mit sinnvollen Parametern durchzuführen, erstellen alle Gruppen im Vorfeld Simulationen. Da sich die Partikel erheblich anders verhalten als elektromagnetische Wellen, kommen klassische Simulatoren für Drahtlosnetzwerke nicht infrage. Daher wurden in den einzelnen Gruppen unterschiedliche Lösungsansätze verfolgt, von eigenen analytischen Modellen über die Verwendung von allgemeinen physikalischen bis hin zu speziellen Simulatoren für molekulare Anwendungen.

### Forschungsziel

Die Aufgabe der Fachgruppe „Verteilte Eingebettete Systeme“ ist nun die Bereitstellung eines Simulationswerkzeugs, das die Anforderungen aller Fachgruppen bündelt und die Betrachtung komplexer Netzwerke in vertretbarer Rechenzeit ermöglicht. In der ersten Projektphase wurden zu diesem Zweck bereits bestehende Simulatoren getestet. Dabei gibt es nur wenige, die aktiv entwickelt werden, und im Allgemeinen konzentrieren



Molekulare Kommunikationssender (Tx) können Signale an einen Empfänger (Rx) senden, beispielsweise über die Luft oder in einem fluidführenden Rohr.

Molecular communication transmitters (Tx) can send signals to a receiver (Rx) through the air, for example, or inside a fluid-carrying tube.

sie sich auf Szenarien auf kurzen Distanzen mit wenig Sendern und Empfängern. Im MaMoKo-Projekt müssen darüber hinaus die durch Strömung hervorgerufene Bewegung und andere physikalische Kräfte stärker berücksichtigt werden. Momentan wird daher ein Prototyp entwickelt, in welchem Partikel einem vorberechneten Vektorfeld folgen. Im weiteren Projektverlauf werden dann physikalische Einflüsse wie Gravitation, Diffusion oder der Luftwiderstand mit einbezogen.



**Lukas Stratmann, M.Sc.**

E-Mail: stratmann@ccs-labs.org

Telefon: +49 5251 | 60 64 94



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektpartner: FAU Erlangen, TU München, CAU zu Kiel, TU Kaiserslautern

---

## Development of simulation tools for molecular communication networks (MaMoKo)

---

At the end of 2018, the MaMoKo project was launched at five German universities to develop and investigate industrial use cases of molecular communication. In molecular communication, microscopic particles are used to transmit information. The goal of the team from Paderborn is to simulate various kinds of molecular networks.

Wireless communication is a familiar concept that is applied in mobile communication, radio, television or emerging fields such as autonomous and cooperative driving or the “Internet of Things”. This is made possible by transmitters encoding information in electromagnetic waves which can be understood by a receiver. However, in some scenarios, this form of communication is not feasible – for example, when medical devices are supposed to communicate within the human body, or in industrial contexts when flammable substances would make common wireless communication hazardous. Molecular communication presents a possible solution for these issues. Here, minuscule particles at the scale of micro to nanometers are used to carry information. At the receiving end, these particles have to be detected and the signal needs to be reconstructed from the measured concentration. In the MaMoKo project, which is funded by the BMBF with over 3 million euros, five universities investigate industrial applications of this technology. One group from Kiel conducts experiments with pulses of particles sprayed into the air.

In Erlangen, magnetic particles are injected into a liquid-carrying tube. Eventually, such systems may be used in chemical plants, pipelines, air ducts, or tunnel systems. In order to find reasonable parameters for these elaborate experiments beforehand, all groups make use of simulations. Since the particles used in these experiments behave very differently than electromagnetic waves, existing simulators for wireless communication are not feasible. Therefore, the project partners have pursued a variety of approaches, ranging from custom analytical models, to fine-grained physics simulations and existing simulators specialised in molecular communication.

### Research Objective

Now the task of the “Distributed Embedded Systems” workgroup is to provide a simulation tool that addresses the requirements of all project partners and which enables the simulation of complex networks with a reasonable amount of computing resources. During the first phase of the project, several existing simulators have been tested. However, rat-



**Lukas Stratmann, M.Sc.**

E-mail: stratmann@ccs-labs.org

Phone: +49 5251 | 60 64 94



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

Project partners: FAU Erlangen, TU Munich, CAU of Kiel, TU Kaiserslautern



[www.ccs-labs.org/projects/mamoko](http://www.ccs-labs.org/projects/mamoko)

her few are actively maintained and generally the simulators concentrate on small, short-distance scenarios with only few senders and receivers. Furthermore, the project requirements demand a stronger focus on different physical forces acting on the particles and how the flow of the medium affects their motion. Currently, a prototype is in development which allows simulated particles to follow a precomputed flow vector field. In a next step, particles in simulation will be subjected to additional forces like gravity, diffusion, or air drag.





»» Manchmal gewinnt man, manchmal lernt man. ««

»» Sometimes you win, sometimes you learn. ««

(John C. Maxwell)

---

## Gurjashan Singh Pannu

M.Sc.  
Verteilte Eingebettete Systeme

---

Mein Name ist Gurjashan Singh Pannu und seit 2017 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Verteilte Eingebettete Systeme“ (CCS-Labs) unter der Leitung von Professor Falko Dressler.

Ich bin in Sangrur, einer historischen Stadt im Nordwesten Indiens, geboren und aufgewachsen. Im Jahr 2012 habe ich meinen Bachelor-Abschluss im Fach Informatik an der Thapar Universität in Indien gemacht. Anschließend bin ich für zweieinhalb Jahre als Android-Entwickler bei Samsung Electronics in Indien tätig gewesen. Während dieser Zeit hatte ich die Möglichkeit, bei Samsung in Suwon (Südkorea) zu arbeiten, wo ich innerhalb eines Teams ein Framework für Android Widgets für die Mobiltelefone Samsung Galaxy S4, S5 und Note 3 entwickelte.

Über die Zeit wuchs mein Interesse zu forschen, weshalb ich 2015 nach Deutschland ging, um ein Masterstudium im Bereich Informatik an der Universität Paderborn zu absolvieren. Im Rahmen mehrerer Kurse der Fachgruppe „Verteilte Eingebettete System“ (CCS Labs) konnte ich mich in das Thema Fahrzeugkommunikation einarbeiten. Seit meinem Masterabschluss arbeite ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter mit dem Ziel einer Promotion im Fach Informatik.

Mein wissenschaftlicher Fokus liegt dabei auf der Minimierung von typischen Kommunikationslatenzen zwischen Fahrzeugen und Rechenzentren im Kontext hochmobiler Drahtlosnetzwerke. Mit steigender Anzahl kommunizierender Fahrzeuge steigt auch die Auslastung der Funkkanäle und es kann zu einer Überlastung dieser kommen. Die daraus resultierenden höheren Kommunikationslatenzen können einen direkten (negativen) Einfluss auf die kooperativen Fahrfunktionen haben. Im Rahmen meines Forschungsprojektes adressieren wir genau dieses Problem, indem ich neuartige Ansätze im Kontext von Cluster-basierten Kommunikationsparadigmen, im Fachjargon auch Mobile Edge Computing genannt, verfolgen. Diese sollen es erlauben, Kommunikationsressourcen mit Rechen- und Speicherkapazitäten intelligent zwischen Fahrzeugen zu verteilen. Dies hat den Vorteil, dass Anfragen zu Ressourcen nicht durch eine Vielzahl heterogener Netze geroutet werden müssen, sondern direkt von Fahrzeugen in der Nähe beantwortet und bedient werden können.

In meiner Freizeit koche ich gerne verschiedene indische Gerichte. Zudem reise ich gerne und widme mich der Fotografie.

---

## Gurjashan Singh Pannu

M.Sc.  
Distributed Embedded Systems

---

My name is Gurjashan Singh Pannu. Since 2017, I have been a research assistant in the “Distributed Embedded Systems” workgroup (CCS Labs) headed by Professor Falko Dressler.

I was born and raised in Sangrur, a small historical city in north western India. In 2012, I received my bachelor’s degree in Computer Engineering from Thapar University, India. For two and a half years, I worked as an Android developer at Samsung Electronics, India. During this time, I also had an opportunity to work at Samsung HQ in Suwon, South Korea for 1 year. We developed an Android widget framework for Galaxy S4, S5 and Note 3 phones.

Over time, I realised my inclination towards research and moved to Germany in 2015 to pursue a master’s degree in Computer Science at Paderborn University. During the graduate course, I attended several courses offered by CCS Labs and gained deeper insights into the field of vehicular networking. Thereafter, I continued working towards my PhD in the same field. In particular, my current research focus is on minimising the communication latency between cars and data centres providing services in the context of highly mobile wireless networks.

The problem that my research addresses arises with increasing market penetration of cars having networking capabilities. The use of communication channels is expected to increase. In certain circumstances, these channels may also get congested. Consequently, requests originating from cars to access cloud data may suffer from higher delay, which in turn affects the safe functionality of cooperative driving. My research project aims to overcome this problem by extending the Mobile Edge Computing paradigm. Cars are clustered (having computational and storage resources with communication capabilities) to form a virtual edge-server, i. e., a virtual server which is in close proximity to other cars. This virtual edge-server caches important data used by other cars so that the requests can be handled directly within the local network rather than forwarding them to the cloud. This helps to reduce the communication delay. My aim is to design protocols which help in efficient data storage and access on cars participating in the formation of virtual edge-servers.

In my free time, I like to cook different Indian cuisines. I also like travelling and photography.

# Strategische Planung intelligenter technischer Systeme

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

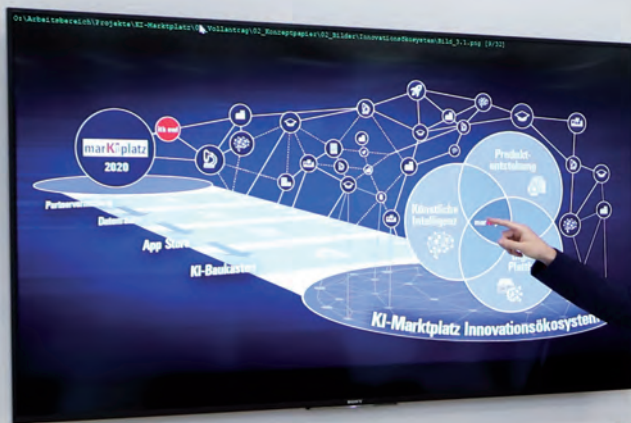
Im Zuge der Digitalisierung rücken sogenannte intelligente technische Systeme in den Fokus produzierender Unternehmen. Mit Advanced Systems Engineering liefern wir einen fachübergreifenden, technologiegestützten Ansatz, der den gesamten Innovationsprozess im Blick hat – von der strategischen Planung bis hin zum Markterfolg intelligenter technischer Systeme.

E-Mail: [Roman.Dumitrescu@hni.upb.de](mailto:Roman.Dumitrescu@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 62 55



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




# Strategic planning of intelligent technical systems

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

In the course of digitalisation, so-called intelligent technical systems are moving into the focus of manufacturing companies. Advanced Systems Engineering is an interdisciplinary, technology-based approach that focuses on the entire innovation process – from strategic planning to the market success of intelligent technical systems.

E-mail: [Roman.Dumitrescu@hni.upb.de](mailto:Roman.Dumitrescu@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 55

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



## Fachgruppe Advanced Systems Engineering

Die Digitalisierung gilt als der herausragende Veränderungstreiber der heutigen Zeit. Durch sie zeichnen sich faszinierende Nutzenpotentiale für die Industrie ab, gleichwohl verändert die Digitalisierung die Marktleistungen von morgen sowie die Art und Weise, wie diese entwickelt werden. Klassische Entwicklungsmethodiken stoßen bei der Entwicklung der Systeme von morgen schnell an ihre Grenzen.

Mehr denn je kommt es auf das übergreifende Zusammenspiel von Fachdisziplinen wie der Elektronik, der Informatik und dem Maschinenbau an. Gleichzeitig gilt es, die vier Hauptaufgaben der Produktentstehung – Strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung eng aufeinander abzustimmen und disziplinübergreifend voranzutreiben. Advanced Systems Engineering hat das Potential, jene Disziplinen und vielfältige Aspekte der Produktentstehung zu integrieren und eine fundierte Basis für eine zwingend erforderliche ganzheitliche Produktentstehungsmethodik im Zeitalter der Digitalisierung zu bilden.

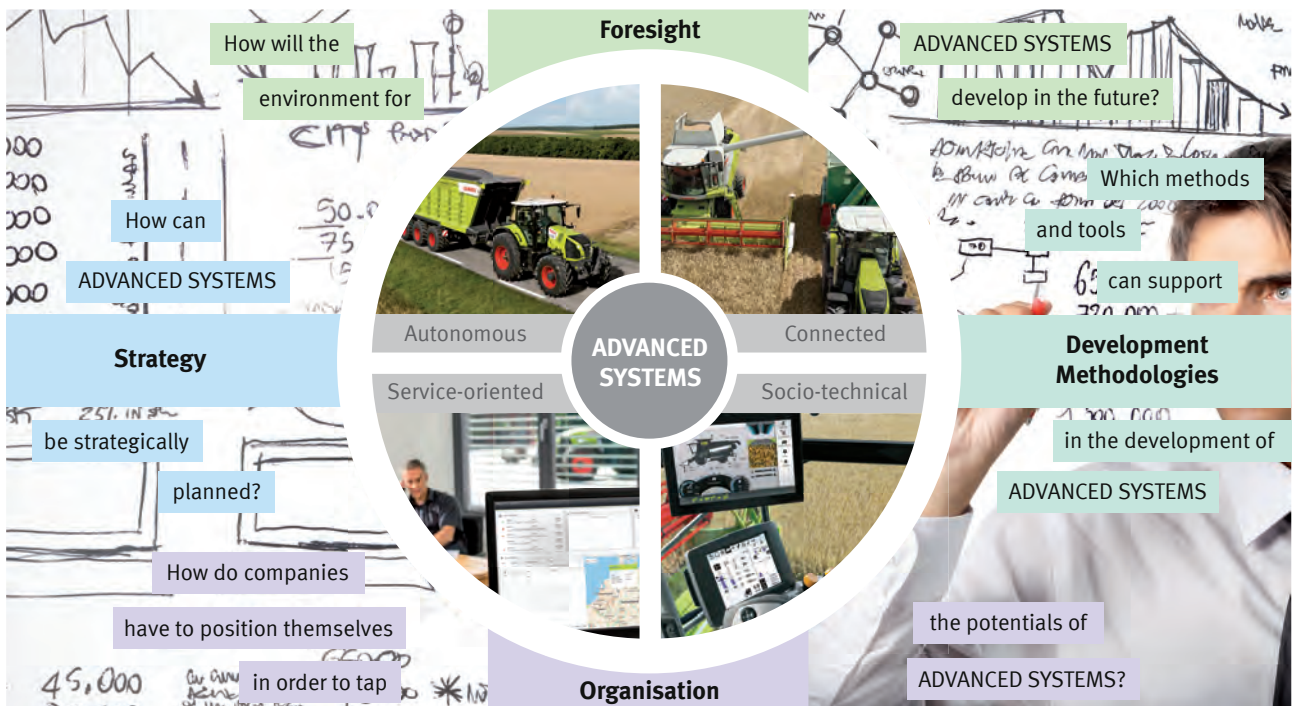
Die sog. Advanced Systems weisen dabei vier Eigenschaften auf:

- 1) **Autonomie:** Autonome Maschinen und Anlagen lösen auch komplexe Aufgaben ohne menschlichen Eingriff.

- 2) **Dynamische Vernetzung:** Durch den steigenden Vernetzungsgrad von Maschinen und Anlagen entstehen komplexe Systemverbünde.
- 3) **Sozio-technische Interaktion:** Multimodale und intuitive Bedienung trotz steigender Komplexität von technischen Systemen.
- 4) **Produkt-Service-Systeme:** Marktleistungen und Geschäftsmodelle verändern sich im Kontext der Digitalisierung durch einen zunehmenden Anteil an Datendiensten.

Um den Herausforderungen bei der Entwicklung von Advanced Systems zu begegnen gliedern sich unsere Forschungsschwerpunkte daher in zwei Bereiche:

- Strategische Planung und Innovationsmanagement
- Systems Engineering



Themenfelder und Forschungsfragen im Bereich Advanced Systems Engineering (ASE)  
Topics and research questions in the field of Advanced Systems Engineering (ASE)

---

## Workgroup Advanced Systems Engineering

---

Digitalisation is considered the key driver of today. It offers fascinating potential benefits for the industry, but it also changes the products of tomorrow and the way they are developed. Classic development methodologies quickly reach their limits in the development of tomorrow's systems.

The overarching interdisciplinary interaction of specialist disciplines, such as electronics, information technology and mechanical engineering is more important than ever before. At the same time, the four main tasks of product development – strategic product planning, product development, service development and production system development – have to be closely coordinated and promoted cross-disciplinarily.

Advanced Systems Engineering has the potential to integrate those disciplines as well as the broad range of issues of product development. It also has the potential to provide a sound basis for a mandatory holistic product development methodology in the age of digitalisation.

The so-called Advanced Systems have four characteristics:

- 1) **Autonomous:** Advanced Systems independently solve complex tasks within a specific application area. They have to be able to act purposefully without human interaction. Numerous technological building blocks, such as sensor fusion, semantic explanatory models or planning procedures, are required for this.
- 2) **Connected:** The degree of connectivity of systems will increase. This will result in new, more complex systems whose functionality exceeds the sum of the functionalities of the individual systems. Depending on the system's overall objective, the system boundaries, interfaces and roles of the individual systems vary. The networked system, which increasingly operates in a global dimension, will no longer be controllable by global control. Rather, the globally desired behaviour has to be achieved by local strategies.
- 3) **Socio-technical:** The outlined technological development also opens up new perspectives for human machine interaction. The corresponding systems will adapt flexibly to the users' needs and provide context-sensitive support. Furthermore, they will be self-explanatory and present possibilities for action for the user. Interaction will become increasingly multimodal (e.g. speech and gestures) and will be based on new technologies (e.g. augmented reality).



**Innovationen für die Märkte von morgen:** Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen.  
Carl Hanser Verlag, 2018



- 4) **Service-oriented:** Product service systems (also known as hybrid market offerings) are based on the close connection between products and services and offer customer-oriented solutions. The benefit of this new kind of systems is usually generated by data-based services that include the collection, processing and evaluation of data.

In order to meet the challenges of the development of advanced systems, our research focus is, therefore, divided into two areas:

- Strategic planning and innovation management
- Systems Engineering

## Mit Nutzungsdaten die strategische Produktplanung verbessern

### DizRuPt – Datengestützte Retrofit- und Generationenplanung im Maschinen- und Anlagenbau

Im Zuge von Industrie 4.0 stehen Unternehmen mehr und mehr produktbezogene Daten zur Verfügung. Daraus lassen sich nicht nur für Nutzer maßgebliche Vorteile generieren, auch die Anbieter können profitieren: Die Daten geben völlig neue Einblicke in die Produktnutzung. Die Herausforderung besteht darin, die richtigen Daten zu identifizieren, zu erfassen, auszuwerten und für die Weiterentwicklung der eigenen Produkte nutzbar zu machen.

#### Zielsetzung

Übergeordnetes Ziel des Verbundprojekts ist die Befähigung von Unternehmen, die Nutzungsdaten ihrer Produkte und weitere Daten aus dem Produktlebenszyklus in der strategischen Produktplanung zu nutzen. Dabei sollen Verbesserungspotentiale mit Hilfe von Daten gezielt analysiert werden, um die Ergebnisse in der strategischen Generationen- und Retrofitplanung nutzen zu können. Darüber hinaus soll auch die organisationale Umsetzung der datengestützten Produktplanung adressiert werden.

#### Vorgehen

Das Projekt gliedert sich in fünf Querschnittsprojekte, welche der Erarbeitung des Instrumentariums dienen. Zunächst werden dabei Produkthypothesen identifiziert und mit Hilfe von Datenanalyseverfahren überprüft. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in die Retrofit- und Generationenplanung der Unternehmen überführt. Neben den methodischen Schritten werden letztlich auch die organisationale Umsetzung und die Unterstützung mit den erforderlichen IT-Werkzeugen betrachtet.

#### Anwendungen

Die Erprobung der erforschten Methoden erfolgt anhand von vier Pilotanwendungen. Bei Lasco Umformtechnik wird ein vollautomatischer Hammer für Massivumformung betrachtet, der bislang kaum digitalisiert ist. Hier stellt die Ausstattung mit passender Sensorik eine besondere Herausforderung dar. Dies ist ebenso der Fall bei den Lüftungssystemen der Firma Westaflex, die meist in Privathaushalten betrieben werden. Die Aufnahme von Daten ist hier insbesondere vor dem Hintergrund des Datenschutzes zu untersuchen. Bei Weidmüller Interface werden die Methoden anhand des Remote I/O-Systems zur Automatisierung von Fertigungsmaschinen erprobt. Die Daten sind in diesem Fall zwar vorhanden und leicht zugänglich, Updates jedoch den Kunden schwer zu vermitteln. Beim smartTerminal von Diebold Nixdorf handelt es sich um ein bereits hoch digitalisiertes Produkt. Hierbei liegt die Herausforderung in der Verknüpfung und Zentralisierung der vorhandenen Datensätze.



**Maurice Meyer, M.Sc.**

E-Mail: Maurice.Meyer@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 62 27



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projekträger: PTKA (Projekträger Karlsruhe)

Projektpartner: TU Berlin, Fachhochschule Südwestfalen, Contact Software, Lasco Umformtechnik, Diebold Nixdorf Systems, Weidmüller Interface, Westaflex



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

#### Fördergeber

Das Projekt DizRuPt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Maßnahmen für „Industrie 4.0 – Kollaborationen in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken (InKoWe)“ für drei Jahre (01/2019 – 12/2021) gefördert. Betreut wird DizRuPt vom Projekträger Karlsruhe (PTKA).

#### Aktuelles

Anfang 2020 veranstaltet das Projekt DizRuPt einen Begleitkreis am Heinz Nixdorf Institut in Paderborn. Hierzu laden wir alle Interessierten aus Unternehmen und wissenschaftlichen Instituten ein, um über unsere Zwischenergebnisse zu diskutieren. Darüber hinaus wird es Vorträge über erfolgreiche Anwendungen der datengestützten Retrofit- und Generationenplanung geben. Bei Interesse melden Sie sich gerne bei uns.

## Improve strategic product planning with usage data

### DizRuPt – Data-driven retrofit and product generation planning in mechanical and plant engineering

In the course of “Industrie 4.0”, more and more product-related data is available to companies. This not only generates significant benefits for users, but also for manufacturers: The data provides completely new insights into product usage. The challenge is to identify, record and evaluate the right data and to make it available for the further development of one's own products.

#### Overall objective

The overall goal of the project is to enable companies to take profit out of their product's usage data and other data from the product lifecycle in strategic product planning. Therefore, potentials for improvement will be specifically analysed with the help of data in order to use the results in strategic generation and retrofit planning. In addition, the organisational implementation of data-driven product planning will be also addressed.

#### Approach

The project is divided into five cross-sectional projects, which serve the development of the set of instruments. First, product hypotheses are identified and tested with the help of data analysis. The findings are transferred into the retrofit and generation planning of the companies. In addition to the methodical steps, the organisational implementation and support with the necessary IT tools will be addressed as well.

#### Applications

The testing of the researched methods takes place on the basis of four pilot applications. At Lasco Umformtechnik, a fully automated hammer for massive forming is considered which barely

has been digitised. A special challenge with this application is equipping the hammer with suitable sensors. This also applies to Westaflex ventilation systems, which are mainly operated in private households. The recording of data will be examined here in particular in the light of data security. At Weidmüller Interface, the methods are tested using the remote I/O system for the automation of production machines. In this case, the data is available and easily accessible, but updates are difficult to mediate to customers. The smartTerminal from Diebold Nixdorf is an already highly digitised product. A challenge here is the linking and centralisation of the existing data records.



**Maurice Meyer, M.Sc.**

E-mail: Maurice.Meyer@hni.upb.de

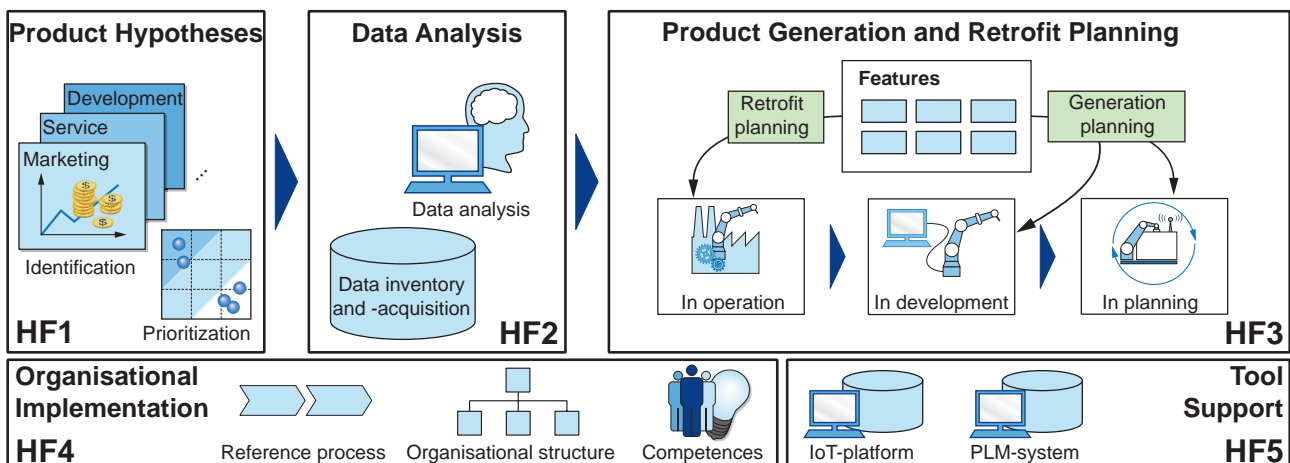
Phone: +49 5251 | 60 62 27



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

Project management: PTKA (Project Management Karlsruhe)

Project partners: TU Berlin, South Westphalia University of Applied Sciences, Contact Software, Lasco Umformtechnik, Diebold Nixdorf Systems, Weidmüller Interface, Westaflex



Das Konzept des Projekts DizRuPt  
The concept of the project DizRuPt



## Vom Produkthersteller zum Smart Service-Anbieter

### Musterbasierte Planung hybrider Wertschöpfung und Arbeit für Smart Services in IMPRESS

Produzierende Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus forcieren immer häufiger den Wandel vom Produkthersteller zum Service-Anbieter. Durch die Digitalisierung rücken dabei digitale Services – sog. Smart Services – in den Fokus. Die Umsetzung von Smart Services gelingt in tradierten Unternehmensstrukturen jedoch nur bedingt. Es bedarf einer umfassenden soziotechnischen Betrachtung, um Smart Services effizient an den Markt zu bringen.

#### Zielsetzung

Das Ziel des Verbundprojekts ist ein Instrumentarium zur musterbasierten Planung hybrider Wertschöpfung und Arbeit zur Erbringung von Smart Services (IMPRESS). Es wird Unternehmen ermöglichen, die Transformation eigenständig und zielgerichtet zu gestalten. Dafür werden Methoden und Werkzeuge entwickelt, die auf Lösungsmustern beruhen. Diese zeigen dem Anwender bewährte Teillösungen zur Gestaltung der Wertschöpfung und Arbeit im Kontext von Smart Services auf.

#### Vorgehensweise

Das Instrumentarium wird anhand von sechs Querschnittsprojekten (QP) entwickelt. Zunächst werden Strategien und Geschäftsmodelle für Smart Services erarbeitet (QP1). Anschließend werden technische Lösungen entwickelt, die den Vorgaben der Strategie und des Geschäftsmodells Rechnung tragen (QP2). Ausgehend davon werden die Auswirkungen auf das Wertschöpfungssystem und die Arbeitslandschaft analysiert (QP3). Die Wertschöpfung und Arbeit werden anschließend derart gestaltet, dass der zuvor identifizierte Handlungsbedarf aufgegriffen und umgesetzt wird (QP4 und 5). Aus jedem QP werden allgemeingültige Lösungsmuster abgeleitet und in einem Musterkatalog systematisiert. Ferner wird eine Vorgehenssystematik zur Anwendung der Muster erarbeitet (QP6). Das Instrumentarium wird in vier Pilotprojekten erprobt und anwendungsfallspezifisch validiert.

#### Bisherige Ergebnisse und Partizipationsmöglichkeiten

Die Schwerpunkte der bisherigen Arbeiten lagen in der Strategie- und Geschäftsmodellentwicklung für Smart Services sowie der Auswirkungsanalyse von Smart Services auf die Wertschöpfung und Arbeit produzierender Unternehmen. Es wurde ein Referenzmodell zur Planung von Smart Services entwickelt, das Orientierung über die Wirkzusammenhänge gibt und Unternehmen in der praxisgerechten Umsetzung unterstützt. Darauf aufbauend wurde ein Quick-Check entwickelt, mit dessen Hilfe die Auswirkungen eines definierten Smart Service-Leistungsangebots auf die Leistungserstellung untersucht und Handlungs-

felder im Unternehmen aufgezeigt werden. Die Forschungsergebnisse werden fortlaufend an assoziierte Partner, über Multiplikatoren, auf Veranstaltungen und in Publikationen der Öffentlichkeit kommuniziert. Unternehmen haben außerdem die Möglichkeit, an Begleitkreistreffen teilzunehmen und bspw. durch Workshops oder Schulungen direkt an den Ergebnissen zu partizipieren.

#### Förderung

Das Projekt startete am 18. Januar 2019 und läuft für 3 Jahre. Das Vorhaben IMPRESS (Förderkennzeichen: 02L17B070) wird im Rahmen des Programms Zukunft der Arbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert. Das Fördervolumen beträgt rund 3,2 Millionen Euro.



**Jannik Reinhold, M.Sc.**

E-Mail: [Jannik.Reinhold@hni.upb.de](mailto:Jannik.Reinhold@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 62 33



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Europäischer Sozialfonds für Deutschland (ESF)

Projekträger: PTKA (Projekträger Karlsruhe)

Projektpartner: Heinz Nixdorf Institut (Konsortialführung), Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik, Technische Universität Chemnitz, Weidmüller Interface, Diebold Nixdorf, die FIWARE Foundation, BOGE KOMPRESSOREN Otto Boge, DMG Mori, FREUND Maschinenfabrik und MSF Vathauer



[www.impress-project.com](http://www.impress-project.com)

## From manufacturer to smart service provider

### Pattern-based planning of hybrid value creation and work for smart services in IMPRESS

Manufacturing companies in mechanical and plant engineering are increasingly aiming for the change from product manufacturer to service provider. Digitalisation is bringing digital services – so-called Smart Services – into focus. However, the implementation of Smart Services in traditional corporate structures is only successful to a limited extent. A comprehensive socio-technical approach is required to launch Smart Services efficiently.

#### Objective

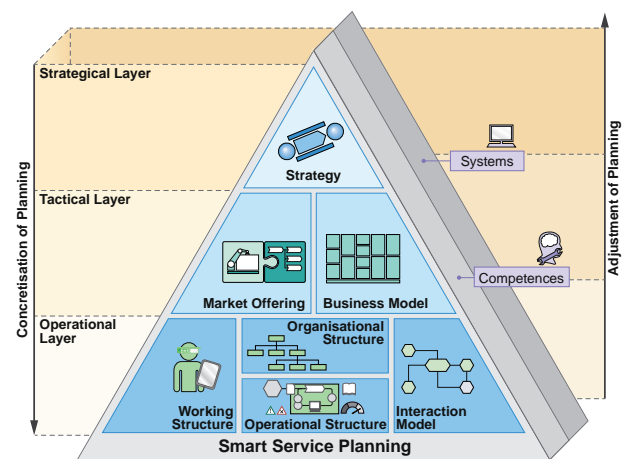
The aim of the joint project is to develop a set of instruments for pattern-based planning of hybrid value creation and work for the provision of Smart Services (IMPRESS). It will enable companies to shape the transformation independently and purposefully. Methods and tools based on solution patterns will be developed. These demonstrate proven partial solutions for the value creation and work in the context of Smart Services.

#### Approach

The set of instruments will be developed on the basis of six cross-sectional projects (CP). First, strategies and business models for Smart Services will be developed (CP1). Then, technical solutions are developed taking the specifications of the strategy and the business model into account (CP2). Based on this, the effects on the value creation system and the working structure will be analysed (CP3). Value creation and work are then designed in such a way that the previously identified need for action is taken up and implemented (QP4 and 5). General solution patterns are derived from each CP and systematised in a pattern catalogue. Furthermore, a process model for the application of the patterns will be developed (QP6). The instruments will be tested in four pilot projects and validated for specific applications.

#### Results and opportunities for participation

The focus of previous work has been on strategy and business model development for Smart Services and the impact analysis of Smart Services on the value creation and work of manufacturing companies. A reference model for the planning of Smart Services was developed, which provides orientation on the cause-effect relationships and supports companies in the practical implementation. Building on this, a quick check was developed to examine the effects of a defined Smart Service offering on the provision of services and to identify fields of action within the company. The research results are continuously communicated to associated partners, via multipliers, at events and in public publications. Companies also have the opportunity to participate in accompanying circle meetings



Rahmenwerk zur Planung von Smart Services  
Reference model for Smart Service Planning

and, for example, to participate directly in the results through workshops or training courses.

#### Funding

The project started on 18 January 2019 and will run for 3 years. The IMPRESS project (funding code: 02L17B070) is funded by the Federal Ministry of Education and Research and the European Social Fund as part of the Future of Work programme. The funding volume amounts to approximately 3.2 million euros.



Jannik Reinhold, M.Sc.  
E-mail: Jannik.Reinhold@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 33



Supported by: German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), European Social Fund (ESF)

Project management: PTKA (Project Management Karlsruhe)

Project partners: Heinz Nixdorf Institute (consortium management), Fraunhofer IEM, TU Chemnitz, Weidmüller Interface, Diebold Nixdorf, die FIWARE Foundation, BOGE KOMPRESSOREN Otto Boge, DMG Mori, FREUND and MSF Vathauer

## Die Plattform für die Servicerobotik

### SeRoNet – Eine Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von Serviceroboter-Lösungen

Serviceroboter werden als Boten in Produktion und Logistik eingesetzt oder zum Rasenmähen und Staubsaugen in Privathaushalten verwendet. Trotz unbestrittenem Potential verhindern die hohen Entwicklungskosten pro Anwendungsfall aktuell eine schnellere Verbreitung gerade im professionellen Bereich. Weltweit boomt die Servicerobotik immer stärker. Daher ist es für Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit entscheidend, diese Potentiale zu heben.

#### Zielsetzung

Ziel des Projekts ist die Reduktion des Entwicklungsaufwands für Roboterlösungen in der professionellen Servicerobotik. Kern des Projekts ist eine IT-Plattform, auf der Ausrüster und Betreiber von Servicerobotik zueinanderfinden und die klassische, lineare Wertschöpfungskette durch ein Wertschöpfungsnetz ersetzt wird. Über die Plattform sollen wiederverwendbare Komponenten für professionelle Servicerobotik-Anwendungen einfach verfügbar gemacht und so eine höhere Transparenz der am Markt verfügbaren Anbieter und Komponenten erreicht werden. Neben der IT-Plattform wird eine Entwicklungsumgebung bereitgestellt und einheitliche Schnittstellenstandards definiert. Die Entwicklungsumgebung steht kostenfrei zum Download bereit und kann von Komponentenherstellern genutzt werden, um eigene Servicerobotik-Komponenten an die SeRoNet-Richtlinien anzupassen. Auf diese Weise wird eine systematische Beschreibung von Komponenten, Systemen und Anforderungen an die Entwicklungsprozesse sichergestellt und die Wiederverwendbarkeit der Komponenten erhöht.

#### Vorgehen

Das Projekt gliedert sich in fünf Projektphasen. Zunächst werden die Anwendungsfälle spezifiziert und die Granularität der angestrebten semantischen Beschreibung der Komponenten festgelegt. Dies mündet in der Definition der Anforderungen an die IT-Plattform (Phase 1). In Phase 2 wird die erste Fassung der Vermittlungsplattform erstellt. Die Implementierung aller zur Umsetzung der Pilotdemonstratoren erforderlichen Komponenten findet in Phase 3 statt. Anschließend werden die Pilotdemonstratoren und weitere Use Cases auf der Plattform veröffentlicht (Phase 4). In Phase 5 wird abschließend das Geschäftsmodell validiert und weitere Nutzer akquiriert.

#### Anwendungen

Anhand von drei Pilotdemonstratoren werden SeRoNet-konforme Komponenten entwickelt und auf der Plattform veröffentlicht. Der erste Demonstrator (Logistik) hat das Ziel einer vollautomatisierten Lösung zur stückgenauen Kommissionierung von Medikamenten. Im Demonstrator Health Care wird das

Ziel verfolgt, Pflegeutensilien im Krankenhaus vom Lager zum Krankenzimmer mittels eines selbstfahrenden Transportwagens bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Im dritten Demonstrator (Montage) wird eine klassische, manuelle Montage mit unterschiedlich komplexen Teilprozessen im industriellen Umfeld sukzessive automatisiert und wandlungsfähig gestaltet.

#### Fördergeber

SeRoNet wird im Zuge von PAiCE – Digitale Technologien für die Wirtschaft durch das BMWi mit rund 6,5 Millionen Euro gefördert. Als Projektträger betreut das DLR das Forschungsvorhaben. Die Laufzeit des Projekts begann 2017 und erstreckt sich bis in das Jahr 2021.

#### Aktuelles

Das SeRoNet-Konsortium ruft zur Beteiligung an robot.one – der Plattform für Servicerobotik auf. Im Rahmen eines Open Calls können sich Komponentenhersteller auf eine Förderung bewerben. Ziel der Förderung ist die Beschreibung von Komponenten nach SeRoNet-Richtlinien und die Integration der Komponenten in die Plattform. Alle Informationen und Fristen erfahren Sie auf robot.one oder direkt bei uns.



**Joern Steffen Menzefricke, M.Sc.**

E-Mail: [Joern.Steffen.Menzefricke@hni.upb.de](mailto:Joern.Steffen.Menzefricke@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 62 60



Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Projektträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR Projektträger)

Projektpartner: Fraunhofer IPA, Forschungszentrum Informatik FZI, Technische Hochschule Ulm, Universität Stuttgart ISW, KUKA Deutschland, Ruhrbotics, Daimler TSS, Transpharm Logistik, Klinikum Mannheim Dienstleistungsgesellschaft



[www.seronet-projekt.de](http://www.seronet-projekt.de)

## The platform for service robotics

### SeRoNet – A platform for the collaborative development of service robot solutions

Service robots are used as carriers in production and logistics or for lawn mowing and vacuuming private households. Despite their undisputed potential, the high development costs per application currently inhibit a faster spread, especially in the professional sector. Service robotics is booming more and more worldwide. Therefore, exploiting this potential is crucial for Germany's competitiveness.

#### Objective

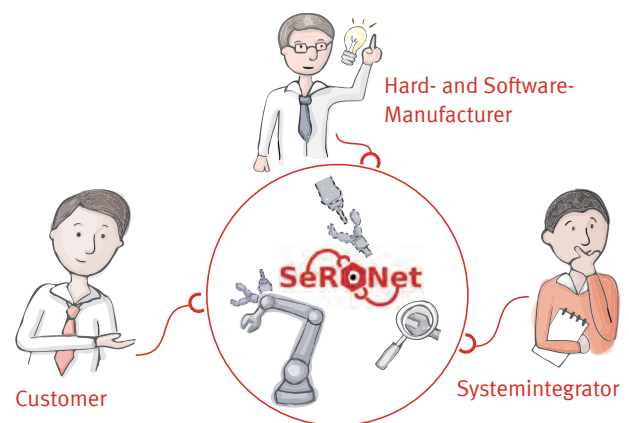
The aim of the project is to reduce the development effort for robot solutions in professional service robotics. The core of the project is an IT platform on which suppliers and operators of service robotics come together and the classic linear value chain is replaced by a value network. The platform should make reusable components easily available for professional service robotics applications and thus achieve greater transparency of the providers and components available on the market. In addition to the IT platform, a development environment will be provided and uniform interface standards defined. The development environment can be downloaded free of charge and can be used by component manufacturers to adapt their own service robotics components to the SeRoNet guidelines. In this way, a systematic description of the components, systems and requirements for the development processes is ensured and the reusability of the components is increased.

#### Procedure

The project is divided into five project phases. First, the use cases are specified and the granularity of the intended semantic description of the components is determined. This leads to the definition of the requirements for the IT platform (phase 1). In phase 2, the first version of the intermediation platform is provided. The implementation of all the components necessary for the realisation of the pilot demonstrators is carried out in phase 3. The pilot demonstrators and other use cases will then be published on the platform (phase 4). In phase 5, the business model will be validated and additional users will be acquired.

#### Use Cases

Three pilot demonstrators will be used to develop SeRoNet-compliant components and publish them on the platform. The first demonstrator (logistics) has the goal of a fully automated solution for the piece-by-piece picking of drugs. The goal of the demonstrator Health Care is to provide care equipment in the hospital from the warehouse to the patient's room by using an automotive transport vehicle. In the third demonstrator (assembly), a classical, manual assembly with various complex



Darstellung des Serviceroboter-Netzwerks  
Illustration of the service robotics network (SeRoNet)

sub-processes in an industrial environment is successively automated and designed to be adaptable.

#### Funding organisations

SeRoNet is supported by the BMWi with about 6.5 million euros in the context of PAICE – Digital Technologies for the Economy. As project sponsor, DLR is in charge. The project began in 2017 and will run until 2021.



**Joern Steffen Menzefricke, M.Sc.**  
E-mail: Joern.Steffen.Menzefricke@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 60



Supported by: Federal Ministry of Economics and Energy (BMWi)

Project management: German Aerospace Center (DLR)

Project partners: Fraunhofer IPA, Forschungszentrum Informatik FZI, Technische Hochschule Ulm, Universität Stuttgart ISW, KUKA Deutschland, Ruhrbotics, Daimler TSS, Transpharm Logistik, Klinikum Mannheim Dienstleistungsgesellschaft



[www.seronet-projekt.de/en/home.html](http://www.seronet-projekt.de/en/home.html)



»» Ich möchte jeden Tag etwas besser sein als am Tag zuvor. ««

»» Every day, I want to be a little better than the day before. ««

---

## Maurice Meyer

M.Sc.  
Advanced Systems Engineering

---

Ich bin Maurice, 27 Jahre alt und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“. Ursprünglich komme ich aus dem Kreis Minden-Lübbecke. Nach dem dualen Bachelor in Wirtschaftsingenieurwesen in Bielefeld zog es mich nach Köln. Dort habe ich meinen Master in Mechatronik gemacht. Seit gut einem Jahr lebe und arbeite ich nun in Paderborn und bin damit zurück in Ostwestfalen. Neben der Arbeit verbringe ich viel Zeit beim Sport. Vor allem beim CrossFit und im Fitnessstudio kann ich sehr gut abschalten. Daneben ist Fußball meine große Leidenschaft: Ich habe 20 Jahre lang aktiv Fußball gespielt und bin seit meinen Kindheitstagen Fan von Borussia Dortmund. Auch die Spiele von Arminia Bielefeld schaue ich mir gerne an. Die Almbesuche mit meinen Arbeitskollegen sind immer ein großartiges Erlebnis. Meinen Urlaub verbringe ich gerne aktiv. Hoch in den Bergen oder auf abenteuerlichen Wegen auf dem Fahrrad; ich habe schon viele wunderschöne Momente erlebt, von denen ich noch Jahre später erzählen kann. Dabei muss das Reiseziel auch gar nicht mehrere Flugstunden entfernt sein: Europa hat unfassbar viel zu bieten. Ein weiterer Weg, den Kopf frei zu bekommen, ist für mich das Lesen. Dabei interessieren mich vor allem Berichte aus der Politik, geschichtliche Themen sowie Bücher über Verhaltenspsychologie. Letztgenannte liefern interessante Ansätze und beschreiben Phänomene, die das Verhalten der Menschen im alltäglichen Leben erklären. Neben der guten Unterhaltung kann der eigene Horizont durch diese Lektüren um Aspekte erweitert werden, die mit dem klassischen Ingenieurwesen nur wenig zu tun haben.

Mit meiner Arbeit möchte ich innovative Ideen hervorbringen und Unternehmen helfen, aktuelle und zukünftige Herausforderungen zu meistern sowie die Chancen unserer Zeit zu nutzen. Dabei reizt es mich auch, immer wieder etwas Eigenes zu erschaffen und andere Menschen dadurch bei ihren Aufgaben zu unterstützen. Meine Vision ist, dass ich mich immer wieder neuen Herausforderungen stelle und mich dadurch kontinuierlich weiterentwickle und verbessere. Ich möchte Verantwortung übernehmen und weiterhin viel Spaß an meiner Arbeit haben.

---

## Maurice Meyer

M.Sc.  
Advanced Systems Engineering

---

My name is Maurice. I am 27 years old and a research assistant in the “Advanced Systems Engineering” workgroup. Originally, I am from Minden-Lübbecke which is in the northeast of North Rhine-Westphalia. After my dual bachelor’s studies in Industrial Engineering in Bielefeld, I moved to Cologne. There, I completed my master’s degree in Mechatronics. I have been living and working in Paderborn for over a year. So, at last, I am back in East Westphalia. Besides work at the Heinz Nixdorf Institute, I spend a lot of time doing sports. Especially CrossFit and the gym allow me to get my head clear from work. In addition, football is my great passion: I have played football actively for 20 years and have been a Borussia Dortmund fan since my childhood. I also enjoy watching the games of Arminia Bielefeld. I always have a great time visiting the Alm with my colleagues. When I think about holidays, I like to spend mine actively. High in the mountains or on adventurous paths on a bicycle; I have already experienced many wonderful moments which I can tell amazing stories about years later. As a great plus, the destination does not have to be a several hour flight away: Europe has a lot to offer. Another way for me to clear my head is reading. I am particularly interested in political reports, historical topics and books on behavioural psychology. The latter provide interesting approaches and describe phenomena that explain people’s behaviour in everyday life. I find it very interesting to understand why people act and react the way they do. In addition to good entertainment, these readings can broaden one’s own horizon as they include aspects that have little to do with engineering which has been my main focus for several years now.

With my work, I would like to produce innovative ideas and help companies master current and future challenges as well as seize the numerous opportunities of our time. It also appeals to me to create something new which can support other people in doing their tasks more efficiently and effectively. My vision is that I will always face new challenges and thus continuously develop and improve myself. I want to take on more responsibility and continue to enjoy my work.

---

# 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 und Cyber-physische 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 5251 | 60 62 75

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



# Systematically and efficiently unlocking future business opportunities

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

## Agenda

With systematic strategy development and policy deployment, we consistently guide the research and development of manufacturing companies on business opportunities of the future. The focus is on complex technical systems consisting of adaptive, configurable mechatronic systems. We network the diverse disciplines with appropriate development methodologies, such as Systems Engineering and the V-model for mechatronic and cyber-physical systems. Our emphasis is on the effectiveness and efficiency of development and production processes.

E-mail: [Iris.Graessler@hni.upb.de](mailto:Iris.Graessler@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 62 75



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

17:30 – 18:30	<b>Von mechatronischen zu intelligenten technischen Systemen – Herausforderungen und Perspektiven (Auditorium)</b> Prof. Dr.-Ing Ansgar Trächtler, Universität Paderborn
20:00	<b>Tagungsbankett (Einlass ab 19:30 Uhr):</b> Best Western Plus Arosa Hotel Westernmauer 38, 33098 Paderborn



## Fachgruppe Produktentstehung

Die zunehmende Digitalisierung und wachsende Dynamik von Wirtschaftsprozessen durch Globalisierung führen 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. Das Handlungsfeld Produktentstehung strukturiert die zugehörigen Lösungsansätze.

### Strategische Planung und Innovationsmanagement

Synergien in den unternehmerischen Kompetenzen, dem Produktprogramm und den Kundenstrukturen werden dann bestmöglich erschlossen, wenn die Geschäftspolitik 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 Szenario-Technik ein und entwickeln diese weiter. Unter Berücksichtigung von Zukunftsszenarien definieren wir Suchfelder für Produktinnovationen. So treffen Erfolg versprechende Produktideen bei Markteintritt auf einen hohen Kundenbedarf. Neben den aktuell artikulierten Kundenbedürfnissen werden auch zukünftige implizite Wünsche noch nicht erschlossener Kundengruppen antizipiert. Unser Produktverständnis umfasst dabei das materielle Kernprodukt einschließlich zugehöriger Dienstleistungen.

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 angenommene Randbedingungen wie auch Zielkosten und Markteintrittszeitpunkt werden regelmäßig einem Prämissen-Controlling unterworfen, damit erforderliche Änderungen frühzeitig erkannt und berücksichtigt werden.

### Systems Engineering und Entwicklungsmanagement

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



Prof. Iris Gräßler im Gespräch mit den Oberingenieuren  
Prof. Iris Gräßler in discussion with the senior researchers

### Realisierung und Produktionsmanagement

Gleichzeitig achten wir auf die frühzeitige Berücksichtigung herstellungsbezogener Restriktionen, z. B. Fertigungsstandort und angestrebter Automatisierungsgrad. In unserem Smart Automation Lab realisieren wir mithilfe von Kommunikationsnetzen, Adaptivität und Konfigurierbarkeit prototypische Industrie-4.0-Implementierungen.

### Digitale und Virtuelle Produktentstehung

Methoden und Werkzeuge der Digitalisierung und Virtualisierung nehmen im Handlungsfeld Produktentstehung die Rolle von Schlüsseltechnologien ein. Virtual und Augmented Reality dienen beispielsweise als Werkzeuge zur Konzipierung und Planung moderner, komplexer Produkte von morgen.

### Lehrangebote

Die facettenreichen Fragestellungen der Fachgruppe Produktentstehung spiegeln sich in einem breitbandigen Angebot an Lehrveranstaltungen wider. Themen in Bachelor und Master reichen von der strategischen Planung über das Innovations- und Entwicklungsmanagement bis hin zur industriellen Produktion für den Maschinenbau und das Wirtschaftsingenieurwesen. Studierende können aktuelle Fragestellungen aus der Industrie im Rahmen von Projektseminaren bearbeiten. Die entwickelten Lösungskonzepte werden am Ende des Seminars der Geschäftsleitung des beauftragenden Industrieunternehmens vorgestellt.

## Workgroup Product Creation

Progressing digitalisation and growing dynamics of economic processes by globalisation lead to intensified competition and increasing pressure to innovate. At the core of this is the question of who is the first to recognise the customer's problem situation and inspires the customer with a tailor-made innovative solution. The field of action of Product Creation structures the solution approaches.

### Strategic Planning and Innovation Management

Synergies in the entrepreneurial skills, product programme and customer structures are then best developed if the business policy is oriented towards a holistic entrepreneurial vision. From the vision, we derive mission and strategy. In order to anticipate the possible development of business, political and social environment, industry, relevant key technologies and the competitive situation, we use and further develop methods such as the scenario technology. Taking future scenarios into account, we define search fields for product innovations. Thus, success promising product ideas meet a high demand at market entry. In addition to the currently articulated customer requirements, future implicit wishes of untapped customer groups will also be anticipated. Our product understanding includes the material core product including related services.

In order to inspire end users with a product innovation, one has to learn about the nature of product use, the prevailing conditions and the profile of the targeted customer group by means of application scenarios. These application scenarios are provided as inputs to product development. Boundary conditions, target costs and market launch date undergo regular premise checks to ensure that any necessary changes are identified and factored in at an early stage.

### Systems Engineering and Development Management

With Systems Engineering and Development Management, we provide tools for the functional realisation and manufacturability of complex technical systems. We link the various disciplines with development methodologies such as V-model for mechatronic systems and "Systems Engineering". Our main focus is on the effectiveness and efficiency of the development and production processes.

### Realisation and Production Management

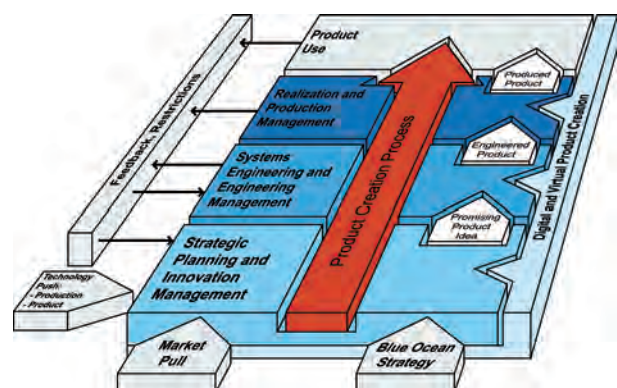
At the same time, we pay attention to the early consideration of manufacturability, for example, location and degree of automation. In our Smart Automation Lab we implement prototypical "Industrie 4.0" implementations with the help of communication networks, adaptivity and configurability.

### Digital and Virtual Engineering

Methods and tools for Digitalisation and Virtualisation are embedded into the action field of Product Creation as key enabling technologies. For instance, Virtual and Augmented Reality serve as tools for the design and planning of modern, complex products of tomorrow.

### University Lectures

The manifold issues of the action field of Product Creation are reflected in the range of teaching lectures. At the "Product Creation" workgroup, bachelor's and master's degree lectures are offered from strategic planning through innovation and engineering management to industrial production for the studies of mechanical engineering and industrial engineering. In project seminars, participants are confronted with current industrial issues. The students develop solution concepts and present them at the end of the seminar to the management of the involved company.



Handlungsfeld Produktentstehung  
Action field of Product Creation

## Mechatronik für Vernetzte und Autonome Systeme

Die größte deutschsprachige Mechatroniktagung wurde in Paderborn ausgerichtet

Unter dem Leitspruch „Academia trifft Industrie“ wurde vom 27. bis 28. März 2019 die größte deutsche Mechatroniktagung erstmalig in Paderborn durch die Fachgruppe „Produktentstehung“ ausgerichtet. Unter der Schirmherrschaft des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) nutzten über 100 Teilnehmer aus Industrie und Wissenschaft die Möglichkeit, sich zu vernetzen und die aktuellen Forschungsergebnisse des Themenfeldes Mechatronik zu diskutieren.

Den Höhepunkt der Tagung bildeten die drei Key-Notes durch Professorin Sevil Sariyildiz, Professor Ansgar Trächtler und Dr. Stefan Breit. Die Redner zeigten dabei die Vielseitigkeit der Tagung und des Themenbereiches Mechatronik. Durch ihren Vortrag über den IQ von Smart Cities zeichnete Professorin Sariyildiz der TU Delft ein Zukunftsbild der Mega-Cities von morgen und wie das urbane Leben in der Zukunft aussehen kann. Professor Trächtler zeigte in seinem Vortrag die Potenziale der Mechatronik durch die Verknüpfung mit maschinellem Lernen auf und berichtete dabei über die Anwendung in gemeinsamen Projekten des Heinz Nixdorf Instituts mit dem Fraunhofer IEM. Zuletzt nahm Dr. Stefan Breit in seiner Rolle als Geschäftsführer Technik der Miele & Cie. KG die Vernetzung als prägendes Thema der Konferenz auf und berichtete aus der industriellen Praxis heraus über die Zukunft von Smart Home in seinem Unternehmen. Er zeigte auf, wie in einem 120 Jahre alten Familienunternehmen mit der Kernkompetenz Qualität, Langlebigkeit und Präzision diese zentralen Aktivitäten in die Umsetzung gebracht werden.



Professorin Gräßler begrüßt die Teilnehmenden  
Professor Gräßler welcomes the participants

Den Kern der Veranstaltung bildeten neben den Key-Notes die Präsentationen zu den über 40 Fachbeiträgen der Konferenz. Die Beiträge bildeten die gesamte Bandbreite der Mechatronik ab. So behandelten die Vortragenden beispielsweise die Themen Industrie 4.0, innovative Geschäftsmodelle, Automatisierungstechnik und smarte Aktoren. Auf Basis dieser Ergebnisse



**Henrik Thiele, M.Sc.**

E-Mail: [Henrik.Thiele@hni.upb.de](mailto:Henrik.Thiele@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 62 37



[www.vdi-mechatroniktagung.de/images/programm/2019\\_Programmheft\\_Mechatronik.pdf](http://www.vdi-mechatroniktagung.de/images/programm/2019_Programmheft_Mechatronik.pdf)

entstanden rege Diskussionen mit renommierten Teilnehmern aus Industrie und Wissenschaft, durch die das Feld der Mechatronik aktiv gestaltet und weiterentwickelt wurde.

Den letzten Teil der Tagung bildete die Fachausstellung mit in der Region ansässigen Industrieunternehmen. BST eltromat International, dSPACE und Infineon und andere nutzten die Chance, sich zu präsentieren und zu vernetzen. Für die Teilnehmer der Konferenz bot sich so die Chance zur Reflexion der eigenen Ideen mit Anwendern und zur Erschließung neuer Kontakte. Die Aussteller ergriffen unterdessen die Möglichkeit, durch ihre Teilnahme am Tagungsprogramm, den Transfer der wissenschaftlichen Ergebnisse in die industrielle Praxis zu fördern.

Somit wurde durch die Tagung der Leitspruch unseres Instituts „THINGS THAT THINK – Die Zukunft vorausdenken“ mit Leben gefüllt. Durch die Etablierung der Konferenz in Paderborn werden wir diese Vernetzung zwischen der Industrie und Wissenschaft für intelligente technische Systeme auch zukünftig vorantreiben, um die Geisteshaltung unseres Gründervaters fortzuführen.

---

## Mechatronics for connected and autonomous systems

The biggest German-speaking mechatronics conference was held in Paderborn

---

With the motto “Academia meets Industry”, the biggest German conference on mechatronics was held for the first time in Paderborn 27 – 28 March 2019 by the “Product Creation” workgroup. In corporations with the Association of German Engineers (VDI), more than 100 participants from industry and science used the opportunity to network, discuss and reflect on the latest research results in the field of mechatronics.

Highlights of the conference were the three Key-Notes held by Professor Sevil Sariyildiz, Professor Ansgar Trächtler and Dr. Stefan Breit. The selection of speakers showed the versatility of the conference and the range of mechatronics. By giving a lecture about the IQ of Smart Cities, Professor Sariyildiz of the TU Delft drew a picture of the mega cities of tomorrow and how the urban life can look like in the future. In his lecture, Professor Trächtler pointed out the potential of mechatronics by linking it with machine learning and reported on its application in joint projects between the Heinz Nixdorf Institute and the Fraunhofer IEM. Lastly, Dr. Stefan Breit, in his role as Managing Director Technology at Miele & Cie. KG, took up connectivity as the defining theme of the conference. Drawing on his experience in industry, he reported on the future of Smart Home in his company. He showed how the core competencies quality, longevity and precision relate in a 120-year-old family business with the activities in Smart Home.

In addition to the keynote speeches, the core of the event consisted of presentations on the more than 40 papers selected for the conference proceedings. The topics covered the entire spectrum of mechatronics. For example, the topics covered included “Industrie 4.0”, innovative business models, automation technology and smart actuators. Based on the presentation, discussions with renowned participants from industry and science were fostered to actively shape and further develop the field of mechatronics.

The last part of the conference was the trade exhibition with industrial companies located in the region. BST eltromat International, dSPACE, Infineon and others took the opportunity to present themselves and network. The conference participants had the opportunity to reflect on their own ideas with users and make new contacts. Meanwhile, exhibitors took the opportunity to promote the transfer of scientific results into industrial practice by participating in the conference programme.



Dr.-Ing. Stefan Breit präsentiert seinen Vortrag „Smart Home bei Miele“  
Dr.-Ing. Stefan Breit presents his talk „Smart Home at Miele“

Thus, the motto of our institute “THINGS THAT THINK – Die Zukunft vorausdenken” was filled with life by the conference. With the establishment of the conference in Paderborn, we will continue to promote this connection between industry and science for intelligent technical systems in order to continue the spirit of our founding father.



Henrik Thiele, M.Sc.  
E-mail: [Henrik.Thiele@hni.upb.de](mailto:Henrik.Thiele@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 37

---

## Technische Innovationen für gesteigerte Resilienz (ANYWHERE)

### Intelligente Technische Systeme mit gesellschaftlicher Relevanz

Extreme Wetterereignisse stellen große gesellschaftliche Herausforderungen dar. Innovative Technologien sollen helfen, derartige Ereignisse vorherzusehen und den möglichen Schaden frühzeitig abschätzen zu können. Die Ergebnisse der Fachgruppe „Produktentstehung“ im 2019 erfolgreich abgeschlossenen Projekt sind Werkzeuge zur strategischen Planung für den Sicherheitsmarkt und verwandte Geschäftsfelder.

Die Vorhersage von extremen Wetterereignissen ist häufig bezogen auf einzelne Wetter-Phänomene wie Niederschlag oder Hitze bereits mit einer ausreichenden Präzision möglich. Die Weiterentwicklung von Simulationsmodellen und verbesserte technische Möglichkeiten zur Messung und Auswertung von Daten tragen zu einer ständigen Verbesserung bei. Die Vorbereitung und Reaktion auf derartige Ereignisse erfordert jedoch eine Abschätzung ihrer Auswirkungen. Ein solches „Impact Assessment“ ist die Voraussetzung, um Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben entscheidungsunterstützende Informationen bereitstellen zu können.



Die Analyse von Warnhinweisen für den Raum Katalonien  
The analysis of warnings for the Catalonia area

Im Projekt ANYWHERE wurde ein integriertes System zur Verbesserung der Sicherheit in wetterbedingten Katastrophenlagen erarbeitet. In der Vorbereitung und Reaktion auf Gefahren werden Menschen und Organisationen – dann im Sinne von Business Continuity – in die Lage versetzt, mögliche Auswirkungen abzuschätzen und durch frühzeitige Gegenmaßnahmen zu minimieren. Für die Fachgruppe „Produktentstehung“ stand dabei vor allem die Frage im Vordergrund, wie Unternehmen neue Dienstleistungen und Produkte durch die Integration von ANYWHERE-Komponenten generieren und deren Potenzial abschätzen können. Die Paderborner Wissenschaftler präsentieren unter anderem Erkenntnisse aus vier praktischen

Fallstudien in Spanien, Italien und Skandinavien, aber auch aus der Produktentwicklung in Start-ups aus Spanien und Großbritannien. Ein Beispiel sind Planungssysteme für Energieunternehmen, die ihre Ressourcenplanung sowohl vorausschauend als auch in der Reaktion auf Gefahrenereignisse verbessern wollen. Dabei werden zwei Ziele verfolgt: die Sicherstellung der Energieversorgung von Bürgern und Unternehmen und gleichzeitig die effiziente Bearbeitung der eigenen Verantwortlichkeiten. Die Herausforderung im „Sicherheitsmarkt“ ist dabei, dass derartige extreme Wetterereignisse zwar zunehmen, aber immer noch selten sind. Mit einer Weiterentwicklung der Szenario-Technik verfügt die Fachgruppe von Professorin Iris Gräßler nun über ein Werkzeug, mit dem hier datenbasiert unterstützt werden kann. So gelang es in ANYWHERE bereits, gemeinsam mit Unternehmen aufwandsminimal Szenarien zu entwickeln, welche dann zur strategischen Planung verwendet wurden.

34 europäische Partnerorganisationen haben sich zum ANYWHERE-Verbund zusammengeschlossen – Forschungsinstitute, Industrieunternehmen und Katastrophenschutzbehörden. Das Projekt wurde gemeinsam mit dem Lehrstuhl Computeranwendung und Integration in Konstruktion und Planung (C.I.K.) durchgeführt.



**Philipp Scholle, M.Sc.**

E-Mail: Philipp.Scholle@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 63



**Dr.-Ing. Jens Pottebaum**

E-Mail: Jens.Pottebaum@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 58



Gefördert durch: Europäische Kommission

---

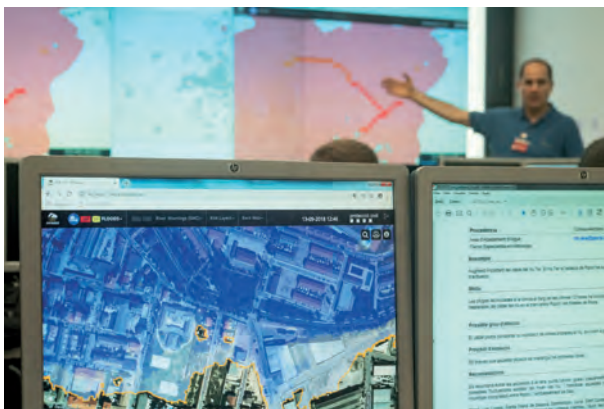
## Innovative technologies for enhanced resilience (ANYWHERE)

### Innovation action successfully concluded

---

Extreme weather events imply major societal challenges. Innovative technologies are designed to support forecasting and nowcasting as well as the assessments of potential impacts on people and infrastructures. The results within the “Product Creation” workgroup are tools for strategic planning for the safety market and related business fields. The project was successfully finished in 2019.

Forecasting and nowcasting of extreme weather events is already available in high precision tools. They are continuously advanced by enhanced simulation models and the increased performance of measurements and data processing. Intending to apply them in emergency preparedness and response, they need to be complemented by “impact assessments”. Such assessment capabilities are a prerequisite to provide decision support for public protection and disaster relief organisations.



Die Frühwarnplattform ANYWHERE wird von Anwendern aus dem Bereich der zivilen Sicherheit – hier in Katalonien – genutzt.  
The ANYWHERE platform is used by civil protection authorities – for example in Catalonia

Within ANYWHERE, an integrated system advancing resilience in disaster situations caused by weather events was created. Both people and organisations – intending to secure business continuity – are able to predict and minimise the impacts by adequate preparedness and response actions. The “Product Creation” workgroup supported the innovation management approach by extending and creating business models motivated by self-preparedness and self-protection. ANYWHERE technologies are to be made available for external parties facilitating new services and products in this field. The research will be focused on methods and tools supporting innovative enterprises assessing such concrete business potentials. Therefore, scenario-technique was adapted and further improved. Hereby, scenarios for strategic planning are made available in



**Philipp Scholle, M.Sc.**

E-mail: Philipp.Scholle@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 63



**Dr.-Ing. Jens Pottebaum**

E-mail: Jens.Pottebaum@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 58



Supported by: European Commission



[www.anywhere-h2020.eu](http://www.anywhere-h2020.eu)

---

an effective way, reducing the necessary effort for enterprises. As part of the research methodologies, four case studies with innovators and security practitioners in Spain, Italy and Scandinavia as well as start-ups from Spain and the UK were accompanied. An example of this are the planning systems for energy providers: Companies intend to enhance their resource planning and deployment in preparedness and response based on “impact assessments”.

The ANYWHERE consortium is formed by 31 partner institutions comprising enterprises, research institutes and end user organisations. The project is performed in close cooperation with the research group “Computer Integration and Application in Design and Planning” (C.I.K.).

## Optimierung der Herstellung von Leiterplattensteckern

### IEM-Projektseminar 2019 in Kooperation mit Phoenix Contact


Im Rahmen des in jedem Semester stattfindenden Projektseminars „Innovations- und Entwicklungsmanagement“ (IEM) stellten sich elf Studierende im Januar 2019 einer herausfordernden Aufgabenstellung des Unternehmens Phoenix Contact. Die beiden studentischen Projektteams, betreut durch Patrick Taplick und Henrik Thiele, entwickelten im Verlauf der Projektlaufzeit Konzepte zur Optimierung des Produktionsprozesses für Leiterplattenstecker.


Das Projektseminar „Innovations- und Entwicklungsmanagement“ (IEM) gilt unter Studierenden bereits seit Jahren als große Chance, die eigenen Fähigkeiten durch die Anwendung von Entwicklungsmethoden und die Arbeit in einem realen Projekt weiterzuentwickeln. Im Zeitraum des einwöchigen Projekts entwickeln zwei bis drei studentische Projektteams Konzepte zur Lösung komplexer technischer Aufgabenstellungen. Dabei werden sie von den wissenschaftlichen Mitarbeitern der Fachgruppe „Produktentstehung“ methodisch und inhaltlich unterstützt. Für das Vorgehen des Projektseminars wird Design Thinking als Basis angewendet. Die Projektteams durchlaufen im Design Thinking einen iterativen Prozess, der die Phasen „Beobachten und Verstehen“, „Synthese“, „Ideengenerierung“, „Prototypen entwickeln“ und „Testen“ enthält. Zur Unterstützung in den Phasen wird den Studierenden ein Methoden-Werkzeugkasten an die Hand gegeben, der Methoden der Entwicklungsmethodik, Kreativitätstechniken und Methoden der nutzerzentrierten Entwicklung enthält.



Design Thinking als Vorgehen für das IEM-Projektseminar  
Design Thinking as a methodology for the IEM project seminar

Der Entwicklungsauftrag für das IEM-Projektseminar im Wintersemester 2018/2019 stammte vom Blomberger Unternehmen Phoenix Contact: Es sollte ein alternatives Transportsystem zur Optimierung der Produktion von Leiterplattensteckern entwickelt werden. Als besondere Anforderung galt dabei die Taktung des Transportsystems zur Integration von Bauteilen. In einer Vorbesprechung mit der Abteilung des internen

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

 **Henrik Thiele, M.Sc.**  
E-Mail: Henrik.Thiele@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 37



[www.hni.upb.de/pe/lehre/projektseminar-iem](http://www.hni.upb.de/pe/lehre/projektseminar-iem)

Maschinenbaus in Blomberg konnten die Studierenden einen Eindruck von der aktuell genutzten Lösung von Phoenix Contact bekommen. Weiterhin hatten die Teilnehmer des Projektseminars direkt die Möglichkeit, Fragen an die Experten Jakob Flore und Alexander Klassen von Phoenix Contact zu richten und somit wichtige Anforderungen für die Lösungsgestaltung zu erheben. Auf Basis der Vorbesprechung und der vermittelten Methodik zu Beginn der Projektwoche haben die beiden Projektteams Lösungen von Multi-Förderbandsystemen über Tellersysteme bis zu Spindelsystemen konkretisiert. Eine Vielzahl weiterer Ideen wurden identifiziert und bewertet. Drei Ideen wurden jeweils von den Projektteams weiterverfolgt und die Machbarkeit und Aufgabenangemessenheit anhand entwickelter Prototypen im Rahmen des Design Thinkings getestet.

Am Ende der Projektwoche wurden die Ergebnisse dem Auftraggeber Phoenix Contact durch die beiden Projektteams präsentiert. Nach der Präsentation zogen Jakob Flore als Auftraggeber sowie Professorin Iris Gräßler ein positives Resümee. Auf Basis der Ergebnisse wird Phoenix Contact die Lösungskonzepte prüfen.

---

## Optimisation of the production of PCB connectors

IEM project seminar 2019 in cooperation with Phoenix Contact

---


As part of the project seminar “Innovation and Development Management” (IEM), which takes place every semester, eleven students took on the challenging task of Phoenix Contact in January 2019. The two student project teams supervised by Patrick Taplick and Henrik Thiele developed concepts during the course of the project to optimise the production process for PCB connectors.


For many years, the project seminar “Innovation and Development Management” (IEM) has been a great opportunity for students to develop their own skills by applying design methods and working in a real project. During the one-week project, two to three student project teams develop concepts for solving complex technical problems. They are supported methodically and in terms of content by the research assistants. The approach of the project seminar is based on Design Thinking. The project teams go through an iterative process in Design Thinking, which includes the phases “Observing and understanding”, “Synthesis”, “Idea generation”, “Developing prototypes” and “Testing”. To assist in the phases, students are provided with a toolbox of methodology that includes methods



Abschlusspräsentation des IEM Projektseminars  
Final presentation of the IEM project seminar 2019

---

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

 **Henrik Thiele, M.Sc.**  
E-mail: Henrik.Thiele@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 37

---

of design methodology, creativity techniques, and methods of user-centred design.

The development task for the IEM project seminar in the winter semester 2018/2019 came from the Blomberg company Phoenix Contact: An alternative transport system was to be developed to optimise the production of PCB connectors. A particular requirement was the timing of the transport system for the integration of components. In a preliminary meeting with the department of internal mechanical engineering in Blomberg, the students were able to get an impression of the currently used solution from Phoenix Contact. Furthermore, the participants of the project seminar directly had the opportunity to ask the experts Jakob Flore and Alexander Klassen from Phoenix Contact questions and thus to raise important requirements for the solution design. On the basis of the preliminary discussion and the mediated methodology at the beginning of the project week, the two project teams have specified solutions from multi-conveyor belt systems through plate systems to spindle systems. Many other ideas were identified and evaluated. Three ideas were followed up on by the project teams and the feasibility and task adequacy were tested on the basis of developed prototypes in the context of Design Thinking.

At the end of the project week, the results were presented to the client Phoenix Contact by the two project teams. After the presentations, Jakob Flore as the client and Professor Iris Gräßler provided a positive summary. Based on the results, Phoenix Contact will examine the solution concepts.





»» Es ist unsere Verpflichtung, unseren Nachkommen eine bessere Welt zu hinterlassen. ««

»» It is our duty, to leave a better world for our descendants. ««

---

## Philipp Hesse

M.Sc.

Produktentstehung

---

Inspiziert durch vielfältige Einblicke in die Industriezweige meiner Geburtsstadt Lüdenscheid entschloss ich mich früh, meinen studentischen Werdegang unter die Thematik der Kunststofftechnik zu stellen. Über die Tätigkeiten als Werkstudent begeisterte ich mich für die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Konstruktionsmethoden und die enge Zusammenarbeit mit Kunden der Möbel-, Automobil- und Pharmaindustrie. Die Breite der Produktpalette, die von Verschlusselementen bis hin zu Werkzeugänderungen reichte, in Kombination mit den bestehenden Entwicklungsmethoden weckten von da an mein Interesse.

Durch meine Naturverbundenheit lege ich im Privatleben viel Wert auf Nachhaltigkeit und versuche Verschwendung größtenteils zu vermeiden. Dies lebe ich aus, indem ich in meiner Freizeit Gegenstände aller Art repariere, bei denen lediglich wenige Komponenten beschädigt sind. Die Einblicke in überwiegend technische Gerätschaften, wie beispielsweise Kaffeevollautomaten, offenbarte mir früh die Diversität der Materialien in Kombination mit den Entsorgungsaussichten der Wertstoffe, welche im Grunde noch intakt sind und zumeist aus logistischen Gründen nicht wiederverwendet werden können. Daher entschloss ich mich, im Anschluss an mein Kunststoff-Studium andere Wege zu gehen mit dem Ziel, einen Beitrag für zukünftige Recyclingprozesse zu leisten.

Mein Vorwissen über Konstruktionspraktiken und die Verarbeitung von Kunststoffen ermöglicht mir eine interdisziplinäre Betrachtung der Produktlebenszyklen in der Fachgruppe „Produktentstehung“. Meine thematische Orientierung umfasst das Komplexitätsmanagement, welches die Bewältigung von Diversitäten in Unternehmen sowie in den erzeugten Produkten behandelt. Dabei werden die Unternehmens- und Produktstrukturen untersucht mit dem Anliegen, transparente und effektive Prozesse zu schaffen.

Das Forschungskolleg „Leicht-Effizient-Mobil“, an dem ich mitwirke, fasst sich u. a. mit der Recyclingphase einzelner Produkte. Dabei interessiert mich vor allem die Fragestellung: „Wie können Managementmethoden genutzt werden, damit die Wertstoffe aus Produkten wirtschaftlich zurückgewonnen werden können?“ So inspiriert durch mein persönliches Freizeitinteresse wünsche ich mir zusammen mit weiteren Bereichen der Wissenschaft, die durch meine Promotionskollegen im Forschungskolleg vertreten sind, transdisziplinär wertstoffschonende Ansätze für eine verbesserte Zukunft zu schaffen.

---

## Philipp Hesse

M.Sc.

Product Creation

---

Inspired by a variety of insights into the industrial branches of my hometown Lüdenscheid, I decided early on putting my student career in the area of plastic technology studies. Through my work as a student trainee, I became enthusiastic about the diverse application possibilities in terms of construction methods and the close cooperation with customers in the furniture, automotive and pharmaceutical industries. The broad of the product range, ranging from closure elements up to injection tool changes, and existing development methods, aroused my interest. During my studies, I had the opportunity to expand my curiosity about the various methods.

Due to my closeness to nature, I attach great importance to a high degree of sustainability in my private life and, therefore, try to avoid waste. In my leisure time, I implement this passion by repairing all kinds of objects with a few damaged components. The insights into mainly technical equipment such as fully automatic coffee machines revealed to me early on the diversity of materials in combination with the disposal prospects of recyclable materials, which are still intact and which cannot be reused for logistical reasons. Therefore, I decided to go other ways after my plastics-led studies with the aim of making a contribution to future recycling processes.

Because of my previous knowledge of design practices, the use and processing of plastics enables me to examine various products' life cycles in an interdisciplinary way in the "Product Creation" department. My thematic orientation includes complexity management which deals with the management of major diversities in companies as well as the produced products. The company and product structures are evaluated in order to create transparent and effective processes.

The research college "Light-efficient-mobile" in which I am involved in deals with the recycling phase of individual products. I am particularly interested in the question: "How can management methods be used to economically recover recyclable materials from products that have reached the end of their life cycle?". Inspired by my leisure time activities and privilege of the teamwork at the research college, I suppose to invent transdisciplinary content for a sustainable approach by the handling of the product's end.

---

# Von Daten zu Wissen und intelligenten Systemen

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

---

Vom datengetriebenen Entwurf intelligenter Systeme bis zur Analyse umfangreicher Daten aus Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft: Das maschinelle Lernen ist die treibende Kraft der modernen künstlichen Intelligenz und Data Science. Unsere Forschung ist den theoretischen und methodischen Grundlagen dieser Disziplin gewidmet, oft motiviert durch interessante praktische Anwendungen.

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

Telefon: +49 52 51 | 60 17 71



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

# From data to knowledge and intelligent systems

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

From the data-driven design of intelligent systems to the analysis of massive amounts of scientific, industrial and social data: machine learning is the prime mover of modern artificial intelligence and the emerging field of data science. Our research is devoted to the theoretical and methodological foundations of this discipline, often motivated by challenging practical applications.

E-mail: [eyke@upb.de](mailto:eyke@upb.de)

Phone: +49 52 51 | 60 17 71



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

---

## Fachgruppe Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen

---

Der Forschungsschwerpunkt unserer Fachgruppe liegt im Bereich des maschinellen Lernens, einer wissenschaftlichen Disziplin im Schnittbereich von Informatik, Statistik und angewandter Mathematik, die in der jüngeren Vergangenheit stark an Bedeutung gewonnen hat. Das maschinelle Lernen bildet eine tragende Säule der modernen künstlichen Intelligenz und des neuen Wissenschaftszweigs der Data Science.

### Erweiterungen des überwachten Lernens

Viele unserer Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit Erweiterungen des sogenannten überwachten Lernens, einem der wichtigsten Teilgebiete des maschinellen Lernens. Während Standard-Lernverfahren beispielsweise auf vektoriellen Daten arbeiten, ist eine Repräsentation in Form strukturierter Objekte wie Graphen, Sequenzen oder Ordnungen in vielen Anwendungen besser geeignet. Darüber hinaus sind Repräsentationen in Form von Mengen oder Verteilungen wichtig, um Unsicherheit oder Impräzision abzubilden. Die Entwicklung von Lernverfahren für diese Art von Daten ist besonders herausfordernd. Unsere Aktivitäten in diesem Gebiet beinhalten Arbeiten zum maschinellen Lernen für strukturierte und Mehrziel-Vorhersagen, prädiktive Modellierung für komplexe Objekte, schwach überwacht Lernen und das sogenannte Präferenzlernen.

### Online-Lernen und Datenströme

Ein weiterer Schwerpunkt unserer Forschung ist das Online-Lernen in dynamischen Umgebungen; hierzu gehören Bandit-Algorithmen, Reinforcement Learning und Lernen auf Datenströmen. Im Gegensatz zum Standard-Setting des überwachten Lernens, in dem die Daten zur Trainingszeit vollständig vorliegen, erfordert das Online-Setting inkrementelle Algorithmen zum Lernen auf kontinuierlichen Datenströmen sowie eine enge Integration von Trainings- und Prädiktionsphase. Die Entwicklung von Algorithmen zum Online-Lernen ist besonders schwierig aufgrund der beschränkten Zeit- und Speicherressourcen (Adaption und Prädiktion müssen schnell sein, evtl. in Echtzeit, und Daten können nicht vollständig gespeichert werden). Darüber hinaus müssen Lernverfahren in der Lage sein, auf Veränderungen der Umgebung und des datengenerierenden Prozesses reagieren zu können.

### Unsicherheit im maschinellen Lernen

Den Kern des maschinellen Lernens bildet die Extraktion von allgemeinen Modellen aus spezifischen Daten im Rahmen eines induktiven Prozesses. Da solche Modelle immer hypothetischer Natur sind, ist das Lernen aus Daten unvermeidbar mit Unsicherheit behaftet. Neben der inhärent unsicheren induktiven Inferenz existieren weitere Quellen der Unsicherheit, wie inkorrekte Modellannahmen und fehlerhafte bzw. verrauschte Daten. In unseren Forschungsarbeiten geht es um Fragen der adäquaten Repräsentation von Unsicherheit im maschinellen Lernen, dem Lernen aus unsicheren und unpräzisen Daten sowie verlässlichen Vorhersagen in sicherheitskritischen Anwendungen.

### Anwendungen

Trotz eines Schwerpunkts im Bereich der theoretischen und methodischen Grundlagen interessieren wir uns auch für praktische Anwendungen der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus anderen Disziplinen arbeiten wir an Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften, den Wirtschaftswissenschaften, den Lebenswissenschaften, den Geistes- und Kulturwissenschaften sowie der Industrie.

### Gesellschaftliche Aspekte

Die künstliche Intelligenz und das maschinelle Lernen haben weitreichenden Einfluss auf unsere Gesellschaft. Gemeinsam mit Sozialwissenschaftlern untersuchen wir die Implikationen von Algorithmen im Bereich Data Analytics sowie des algorithmischen Entscheidens.

---

## Workgroup Intelligent Systems and Machine Learning

---

The research activities of our workgroup are focused on machine learning, a scientific discipline in the intersection of computer science, statistics and applied mathematics, the importance of which has continuously grown in recent years. Meanwhile, machine learning has developed into one of the main pillars of modern artificial intelligence as well as the emerging research field of data science.

### Extensions of supervised learning

Many of our research works are dealing with extensions or generalisations of the standard setting of supervised learning. For example, while machine learning methods typically assume data to be represented in vectorial form, representations in terms of structured objects, such as graphs, sequences or order relations, appear to be more natural in many applications. Moreover, representations in terms of sets or distributions are important to capture uncertainty and imprecision. Developing algorithms for learning from such kind of data is specifically challenging. Our activities in this field include research conducted on machine learning methods for structured output and multi-target prediction, predictive modelling for complex structures, weakly supervised learning and so-called preference learning.

### Online learning and data streams

Another focus of our research is online learning in dynamic environments, including bandit algorithms, reinforcement learning and learning on data streams. In contrast to the standard batch setting, in which the entire training data is assumed to be available a priori, these settings require incremental algorithms for learning on continuous and potentially unbounded streams of data. Thus, the training and prediction phase are no longer separated but tightly interleaved. The development of algorithms for online learning is especially challenging due to various constraints the learner needs to obey, such as bounded time and memory resources (adaptation and prediction must be fast, perhaps in real time, and data cannot be stored in its entirety). In addition, learning algorithms must be able to react to possibly changing environmental conditions, including changes of the underlying data-generating process.

### Uncertainty in machine learning

Machine learning is essentially concerned with extracting models from data and using these models to make predictions. As such, it is inseparably connected with uncertainty. Indeed, learning in the sense of generalising beyond the data seen so far is necessarily based on a process of induction, i. e., replacing specific observations by general models of the data-generating process. Such models are always hypothetical, and the same holds true for the predictions produced by a model. In addition to the uncertainty inherent in inductive inference, other sources of uncertainty exist, including incorrect model assumptions and noisy data. Our research addresses questions regarding the appropriate representations of uncertainty in machine learning, how to learn from uncertain and imprecise data and how to produce reliable predictions in safety-critical applications.

### Applications

Although the focus of our research is on theoretical foundations and methodological problems, we are also interested in the practical applications of machine learning and artificial intelligence. Jointly with colleagues from other disciplines, we have been working on applications in engineering, economics, the life sciences and the humanities. Moreover, we are also collaborating with partners from industry.

### Social and societal implications

Artificial intelligence and machine learning have a far-reaching influence on our society. Being aware of the potential impact of algorithms for data analytics and automated decision making on people and daily life, we critically analyse the implications of AI research together with colleagues from the social sciences.

## Nicht-funktionale Analyse von Servicekompositionen

Moderne IT-Dienste bieten Anwendern individualisierte Software in Form von modular aufgebauten Servicekompositionen, die eine nutzerspezifizierte Funktionalität besitzen. Werden solche Servicekompositionen automatisiert erstellt, muss man ihre funktionalen und nicht-funktionalen Eigenschaften überprüfen.

### Nicht-funktionale Eigenschaften von Servicekompositionen

Während man unter funktionalen Eigenschaften einer Software in der Regel deren Korrektheit im Sinne einer formalen Spezifikation des gewünschten logischen Verhaltens versteht, besitzt eine Software auch immer gewisse nicht-funktionale Eigenschaften. Beispiele hierfür sind die Antwortzeit, Verlässlichkeit oder Belastbarkeit. Speziell bei IT-Diensten im Internet sind auch Eigenschaften wie Erreichbarkeit und Vertrauenswürdigkeit (Reputation) wichtig.

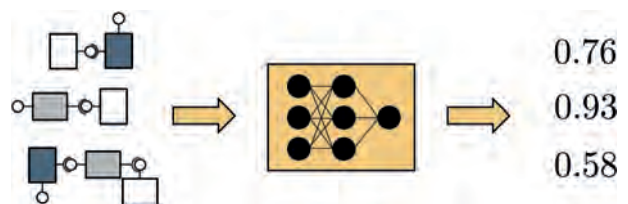
Das im Sonderforschungsbereich 901 propagierte Paradigma des „On-The-Fly Computing“ beinhaltet die Idee einer automatisierten Erzeugung von Servicekompositionen aus individuellen Services, um die vom Anwender gewünschte Funktionalität zu gewährleisten. Neben dem korrekten Verhalten der Software im Sinne dieser Funktionalität wird der Anwender sich in der Regel auch für deren nicht-funktionale Eigenschaften interessieren. Von einer Datenanalyse-Software könnte der Anwender beispielsweise erwarten, dass die Analysen nicht zu zeitintensiv sind und dass ein gewisses Maß an Datenschutz (z. B. durch Reputation oder Vertrauenswürdigkeit) garantiert wird.

Selbst wenn die nicht-funktionalen Eigenschaften individueller Services bekannt sind, ist die Vorhersage solcher Eigenschaften für eine (komplexe) Komposition von Services eine nicht-triviale Aufgabe. Dies liegt zum einen an der Schwierigkeit, Interaktionen zwischen den Komponenten abzubilden, und zum anderen daran, dass der Anwendungskontext der Software (Ausführungsumgebung, Eingabedaten etc.) vorab nicht bekannt ist.

### Analyse mittels maschinellem Lernen

Etablierte Techniken für die Analyse nicht-funktionaler Eigenschaften von Software, wie die statische Analyse oder durch Experten erstellte Modelle (Workflow-Analyse), sind für das „On-The-Fly Computing“ nicht geeignet. Für die meisten Spezifikationen existieren Tausende formal korrekte Kompositionen. Um aus diesen Kandidaten die für den Anwender optimale

Komposition auszuwählen, müssen deren nicht-funktionale Eigenschaften vor der eigentlichen Ausführung antizipiert werden. Hierfür könnten sich statistische, mithilfe von maschinellen Lernverfahren erzeugte Modelle eignen, die anhand von Beispielen (bestehend aus der Kompositions- und Kontextbeschreibung sowie der nicht-funktionalen Eigenschaft) trainiert werden.



Nicht-funktionale Eigenschaften von Service-Kompositionen können mithilfe eines gelernten Modells antizipiert werden.  
Non-functional properties of service compositions can be anticipated using statistical models.

Im Rahmen des SFB-Teilprojekts „Kompositionsanalyse in unsicheren Kontexten“ beschäftigen wir uns mit der Entwicklung von maschinellen Lernverfahren, die speziell auf die Anforderungen des „On-The-Fly Computing“ abgestimmt sind. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist beispielsweise das Wissen über die Modularität von Servicekompositionen, das von einem Lernverfahren geschickt genutzt werden kann: Die Tatsache, dass ein Service aus Teilkomponenten besteht, die ihrerseits in unterschiedlichsten Kompositionen eingesetzt werden, legt die Idee nahe, die Bewertung einer Komposition durch eine (gelernte) Aggregation von (gelernten) Bewertungen der Komponenten zu erzeugen. Diese Idee hat zu einem Ansatz geführt, den wir „learning to aggregate“ nennen.



Dipl.-Inform. Vitalik Melnikov  
E-Mail: melnikov@mail.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 33 49



Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901  
„On-The-Fly Computing“, Teilprojekt B3

---

## Non-functional analysis of service compositions

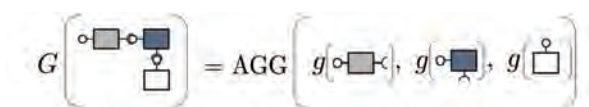
---

Modern IT services offer users individualised software in the form of modular service compositions with user-specified functionality. If such service compositions are created automatically, their functional and non-functional properties must be verified and guaranteed.

### Non-functional properties

While functional properties of a software usually refer to its correctness in the sense of a formal specification of the desired logical behaviour, a software program always has certain non-functional properties, too. Examples include response time, reliability and availability. Especially for online IT services, properties such as availability and trustworthiness (reputation) are also important.

The paradigm of “On-the-Fly Computing” as propagated in the Collaborative Research Center (CRC) 901 suggests the automatic composition of single services in order to achieve the functionality requested by a user. The user is usually not only interested in the formal correctness of that service composition but also has requirements with regard to the non-functional properties. For instance, a software program for data analysis should not only provide data privacy protection (e. g., be trustworthy or have a good reputation) but also guarantee fast response times.



Learning to aggregate: Die Bewertung einer Komposition setzt sich aus Bewertungen der einzelnen Komponenten zusammen.

Learning to aggregate: The evaluation of a composition is assumed to be an aggregation of evaluations of its constituents.

Even if the non-functional properties of single services are known, the task to predict those properties for a (complex) service composition is non-trivial. First, the interactions between single components are hard to capture. Second, the context (such as runtime environment, input data, etc.) in which the generated service composition will be used is not known in advance.

### Analysis via machine learning

Existing techniques for analysing non-functional properties of software, such as static analysis or expert-generated models from workflow analysis, are not suited for “On-the-Fly Computing”. For most specifications, thousands of formally correct compositions can be generated. To choose the optimal composition among these candidates, the non-functional requirements provided by a user should be taken into account. To this end, the non-functional properties must be anticipated prior to the actual execution. To solve this problem, statistical models can be trained on examples (i. e., a description of a service composition and its runtime context together with the non-functional property) using machine learning methods.

In the CRC subproject “Service Composition Analysis in Partially Unknown Contexts”, we develop machine learning approaches specifically tailored for the requirements of “On-the-Fly Computing”. For example, an important aspect in this regard is the modularity of service compositions, which can be exploited by a learning algorithm in a clever way: The fact that a service consists of components, which in turn are used in different compositions, suggests the evaluation of a composition in terms of a (learned) aggregation of (learned) evaluations of its constituents. This observation has led to a machine learning framework that we refer to “learning to aggregate”.



Dipl.-Inform. Vitalik Melnikov  
E-mail: melnikov@mail.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 33 49



Supported by: DFG Collaborative Research Center 901  
“On-The-Fly Computing”, Subproject B3P

---



## Präferenzbasiertes Online-Lernen mit mehrarmigen Banditen

Sequenzielle Entscheidungsprobleme unter Unsicherheit lassen sich oft als Instanzen des sogenannten Multi-Armed-Bandit-Problems modellieren. Wir untersuchen eine präferenzbasierte Variante dieses Problems, in der der Agent nicht aus stochastischem Feedback in Form reellwertiger Auszahlungen lernt, sondern aus qualitativen paarweisen Vergleichen von Alternativen.

### Preference-based Multi-Armed-Bandits (PB-MAB)

Unter dem Begriff „Multi-Armed-Bandit“ (mehrarmiger Bandit, MAB) fasst man im maschinellen Lernen eine Klasse von Online-Lernproblemen zusammen, in denen ein Agent im Rahmen eines sequenziellen Entscheidungsprozesses eine Menge von Alternativen exploriert und gleichzeitig möglichst nutzenmaximal entscheiden muss – beziehungsweise auf die Metapher des gleichnamigen Spielautomaten in Casinos werden die Optionen auch als „Arme“ bezeichnet, die „gezogen“ werden können. Der Agent wählt dabei in jedem Zeitschritt eine Option aus und erhält einen numerischen Gewinn, der typischerweise verrauscht ist und eine Information über die Qualität der Option liefert. Ziel des Agenten ist es, ein (zeitunabhängiges) Bewertungskriterium zu minimieren, z. B. die Fehlerrate oder die erwartete Differenz zwischen der Summe der bei optimaler Strategie theoretisch möglichen und der tatsächlich erzielten Gewinne.

Dieses Projekt ist einer Variante des MAB-Problems gewidmet, die wir als „präferenzbasierten“ mehrarmigen Banditen (PB-MAB) bezeichnen. Anstatt individuelle Alternativen auszuwählen, vergleicht ein PB-MAB-Agent Paare von Alternativen und erhält als Feedback (stochastische) Information über den Gewinner – solche Vergleiche nennt man auch „Duelle“ und das PB-MAB-Setting selbst das Problem der „duellierenden Banditen“. Ein wichtiges Ziel des Projekts besteht darin, existierende Arbeiten zu konsolidieren und eine Reihe von offenen theoretischen und algorithmischen Problemen zu lösen, um somit ein umfassendes und kohärentes Verständnis des PB-MAB-Settings zu erhalten. Ein weiteres Ziel ist die Entwicklung von Methoden für diverse praktisch motivierte Erweiterungen des Settings. Hierzu gehören kontextuelle PB-MABs, bei denen die Präferenzen zwischen Alternativen von einem Entscheidungskontext abhängen können, sowie PB-MABs mit einem verallgemeinerten Feedback, das nicht auf die Ergebnisse paarweiser Vergleiche beschränkt ist.



**Björn Haddenhorst, M.Sc.**

E-Mail: [bjoernha@mail.upb.de](mailto:bjoernha@mail.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 33 45



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

### PB-MAB-Probleme und Algorithmen

Ein einfaches Beispiel einer Lernaufgabe im PB-MAB-Setting besteht darin, mit hoher Wahrscheinlichkeit, aber möglichst wenigen paarweisen Vergleichen eine vollständige Präferenzordnung in Form einer Reihung aller Alternativen zu bestimmen. Um dieses Problem lösen zu können, muss zum einen der Begriff einer „besten“ oder „wahren“ Reihung wohldefiniert sein und zum anderen muss eine solche Reihung auch existieren. Um Letzteres zu gewährleisten, werden in der theoretischen Analyse in der Regel – entweder implizit oder in expliziter Form – statistische Annahmen über die Erzeugung der Daten getroffen. Die Schwierigkeit der Probleme und die entsprechende Stichprobenkomplexität von Algorithmen werden stark dadurch beeinflusst, wie restriktiv diese Annahmen sind.

### Die Transitivitäts-Annahme

Eine häufig getroffene Annahme zur theoretischen Analyse ist eine gewisse Form der Transitivität der beobachteten Daten: Wenn Option 1 im Durchschnitt bessere Ergebnisse liefert als Option 2 und diese wiederum im Durchschnitt besser ist als Option 3, dann ist Option 1 im Durchschnitt auch besser als Option 3. Da die theoretischen Garantien vieler PB-MAB-Algorithmen lediglich unter solchen Transitivitätsannahmen valide sind, besteht eine wichtige Frage darin, wie man eine spezielle Annahme dieser Art in einer konkreten Anwendung empirisch testen kann. Falls ein entsprechender Test aufzeigt, dass die Transitivität (statistisch signifikant) verletzt ist, heißt dies, dass der PB-MAB-Algorithmus von falschen Annahmen ausgegangen ist. Seine Vorhersage einer besten Reihung verliert in diesem Fall an Gültigkeit und muss kritisch hinterfragt werden.

## Preference-based online-learning with bandit algorithms

Problems of sequential decision making under uncertainty can often be modelled as instances of the so-called multi-armed bandit problem. We study the preference-based multi-armed bandit problem as a variant of this setting. Instead of learning from stochastic feedback in the form of real-valued rewards for the choice of single alternatives, a PB-MAB agent compares pairs of alternatives in a qualitative manner.

### Preference-based multi-armed-bandits (PB-MAB)

In machine learning, the notion of multi-armed bandits (MAB) refers to a class of online learning problems, in which an agent is supposed to simultaneously explore and exploit a given set of choice alternatives in the course of a sequential decision process – referring to the metaphor of the eponymous gambling machine in casinos, these options are also associated with “arms” that can be “pulled”. More specifically, the agent selects one option at a time and observes a numerical (and typically noisy) reward signal providing information on the quality of that option. The goal of the learner is to optimise an evaluation criterion such as the error rate or the cumulative regret (expected sum of rewards under an optimal policy minus the sum of the rewards actually obtained).

This project is devoted to a variant of standard MABs that we refer to as the preference-based multi-armed bandit (PB-MAB) problem. Instead of learning from stochastic feedback in the form of real-valued rewards for the choice of single alternatives, a PB-MAB agent is allowed to compare pairs of alternatives in a qualitative manner – such comparisons are sometimes called “duels”, and the PB-MAB setting itself the “duelling bandits” problem. The goal of this project is twofold. First, by consolidating existing work and addressing a number of open theoretical questions and algorithmic problems, we wish to provide a complete and coherent understanding of the PB-MAB setting. Second, we seek to develop methods for practically motivated extensions of this setting, namely, contextual PB-MABs that allow preferences between alternatives to depend on a decision context, and PB-MABs with generalised feedback that go beyond pairwise comparisons and permit preference information of a different kind.

### PB-MAB problems and algorithms

A simple example of a (pure exploration) learning task in the setting of PB-MAB is to determine the preference order in the form of a ranking of all alternatives, which best fits the observed data. Of course, this presumes on the one hand a suitable definition of a “best” or “ground-truth” ranking and



Björn Haddenhorst, M.Sc.  
E-mail: bjoernha@mail.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 33 45



Supported by: German Research Foundation (DFG)



the theoretical existence of such a ranking on the other hand. To ensure the latter one, in the theoretical analysis, typically, – either implicitly or in explicit form – statistical assumptions are put on the data generating process. The complexity of the problem as well as the expected sample size of PB-MAB algorithms strongly depend on how restrictive these assumptions are.

### The transitivity assumption

A frequently used assumption of this kind in the theoretical analysis of PB-MAB algorithms is to suppose a certain type of transitivity of the observed data: If alternative 1 is on average better than alternative 2 and similarly alternative 2 is on average better than alternative 3, then alternative 1 should be on average better than alternative 3 as well. Since the theoretical guarantees of many PB-MAB algorithms are only valid under such transitivity assumptions, an important question is how to empirically test a specific assumption of this kind in a concrete application. If a corresponding test shows that the transitivity (statistically significant) has been violated, this means that the PB-MAB algorithm assumed wrong assumptions. Its prediction of a best ranking loses validity in this case and must be critically questioned.

## Schwach überwachte Tiefenschätzung in monokularen Bildern

Tiefenschätzung in Bilddaten ist eine wichtige Voraussetzung für eine Reihe von Bildverarbeitungsaufgaben und Szenenmodellierung. Für monokulare Bilder stellt die Schätzung der Kameradistanz zu verschiedenen Objekten jedoch eine schwierige Herausforderung dar. In diesem Projekt werden verschiedene Merkmalsrepräsentationen sowie Machine Learning-Methoden – für auf schwach überwachtem Lernen basierende Tiefenschätzungen – entwickelt.

### Tiefenschätzung in monokularen Bildern

Für gegebene monokulare Bilder sollen Tiefeninformationen für gezeigte Bilderinhalte prädiiziert werden, um ein angemessenes 3D-Modell rekonstruieren zu können. Die überwiegende Mehrheit der bisherigen Ansätze zur Tiefenschätzung betrachtet diese Aufgabe als konventionelles Regressionsproblem. Dabei sind Merkmale der Bilder jedoch oft nicht durch die menschliche Tiefenperzeption motiviert. Darüber hinaus argumentieren wir, dass monokulare Bilder in der Regel nicht die quantitativen Informationen für die präzise Tiefenschätzung via Regression bieten, während sie sehr wohl relative Tiefeninformationen der gezeigten Objekte enthalten. Dies legt das Ranking von Objekten mit Hinblick auf ihre Tiefe nahe. Es gibt eine Vielzahl von Anwendungen für diese relativen Tiefenvorhersagen, z. B. die Anordnung künstlicher Objekte in Augmented-Reality-Anwendungsfällen, sodass Objekte nicht fälschlicherweise durch hintere Objekte verdeckt werden.

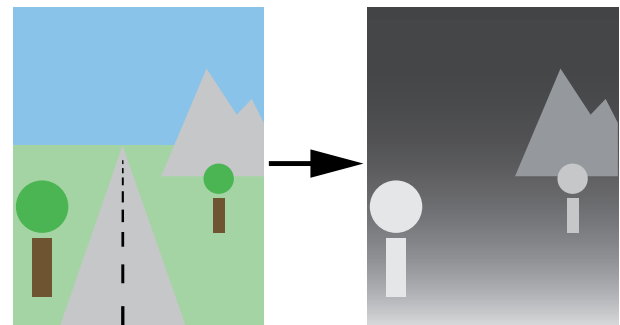
### Modellierung von monokularen Tiefenkriterien

Ein wichtiges Ziel des Projekts ist die Entwicklung geeigneter Merkmale und Deskriptoren für monokulare Tiefenkriterien. In diesem Zusammenhang dient die menschliche visuelle Wahrnehmung als Grundlage und Inspiration für die entwickelten Kriterien. Diese Tiefenkriterien sowie zusammenhängende Merkmale einzelner Bilderregionen werden zur Szenenbeschreibung genutzt. Die resultierende Merkmalsrepräsentation wird dann in Machine-Learning-Modellen integriert. Zusätzlich werden Deep-Learning-Architekturen auf ihre Eignung zum Erlernen von Merkmalsrepräsentationen für eine anschließende Modellinferenz untersucht, die möglicherweise zusätzlich der Detektion von einzelnen Objekten mit aktuellen Methoden bedarf.

### Schwach überwachtetes Lernen von Rankings

Aus Sicht des maschinellen Lernens besteht eine der Hauptaufgaben des Projekts darin, Methoden zu entwickeln, die speziell auf das Problem der Tiefenschätzung in Bildern auf Basis der zuvor entwickelten Merkmalsrepräsentationen zugeschnitten sind. Da diese Merkmale unvollständig und ungenau sein kön-

nen, müssen die Lernalgorithmen auf das schwach überwachte Lernen zugeschnitten sein. In diesem Kontext bieten sich Learning-to-Rank-Methoden an, die anstelle von absoluten Regressionsprädiktionen Rankings erzeugen. Beispielsweise können sie basierend auf paarweisen Tiefenrelationen, etwa „Objekt A ist vor Objekt B“, Modelle auf Basis des Präferenzlernens induzieren. In diesem Projekt werden Algorithmen, die mit diesen qualitativen Daten antrainiert werden, entwickelt und bewertet. Zusätzlich zum Vergleich zu den bereits erwähnten Regressionsmethoden werden Kriterien wie Effizienz, Anwendbarkeit auf andere Domänen und die Möglichkeit zur Erzeugung von neuen Trainingsdaten beurteilt.



Tiefeninformation in Bildern  
Depth Information in Images



**Julian Lienen, M.Sc.**

E-Mail: [Julian.Lienen@upb.de](mailto:Julian.Lienen@upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 33 45



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Projektpartner: Prof. Dr. Ralph Ewerth (L3S Research Center, Leibniz Universität Hannover)

## Weakly supervised depth estimation in monocular images

Depth estimation in image data is an important prerequisite for a number of computer vision tasks and scene understanding. However, estimating the camera distance of objects in monocular images is a difficult problem. In this project, image feature representations and machine learning methods to infer depth estimations relying on weak supervision are developed to tackle this problem for monocular images.

### Depth estimation in monocular images

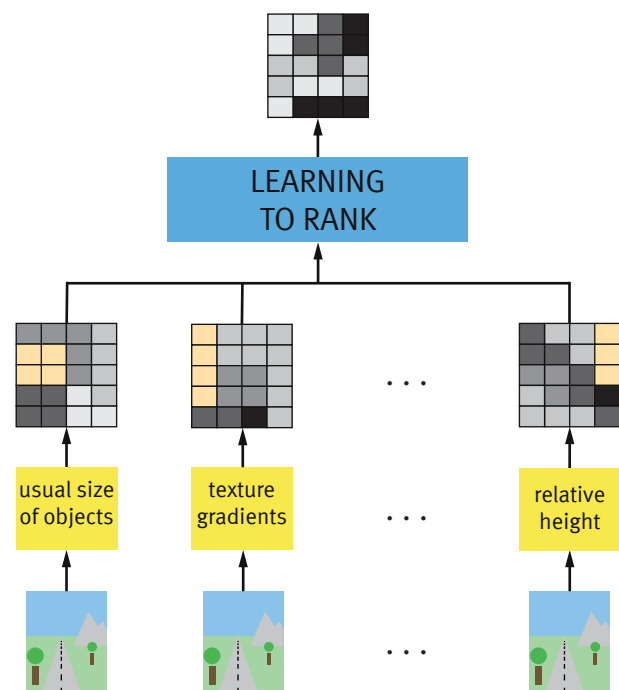
Given a single image, depth information about the image's content should be predicted in order to derive a reasonable 3D scene model. The vast majority of previous approaches considers this task as standard regression problem. However, most of the used features within these models are often not directly motivated by human depth perception. Furthermore, we argue that monocular images normally do not offer the quantitative information about absolute depth required to precisely estimate using regressors, whereas they indeed contain relative depth information of shown objects. This suggests the ranking of objects with regard to their depth positioning. There exists a plethora of applications for these relative depth predictions, e.g., ordering artificial objects in Augmented Reality use cases such that their visual overlap is reflecting the actual visibility from a specific point of view.

### Modelling monocular depth criteria

One important goal of the project is to develop adequate features and descriptors for monocular depth criteria. In this respect, human visual perception serves as a basis and inspiration for the developed criteria. As a result, depth descriptors and interrelated features of different image regions are used to describe the scene. The derived feature representation is then integrated in a machine learning model. In addition, deep learning architectures are assessed to provide learned representations for further model inference, which can include the necessity to also recognise objects by state-of-the-art methodologies.

### Weakly supervised learning of rankings

From a machine learning perspective, a main challenge of the project is to develop methods that are specifically tailored to the problem of depth estimation in images given the previously induced features. Since derived spatial feature maps may be incomplete or fuzzy, the learning algorithms must be able to deal with weak supervision. In this context, learning-to-rank algorithms are able to consider this kind of input fuzziness by not focusing on absolute but relative predictions, i.e. rankings. For instance, pairwise depth relations, such as "object A is in front



Tiefenschätzung durch Feature Engineering und Learning-to-rank  
Depth Estimation using Feature Engineering and Learning-to-rank

of object B", are assumed to be less costly to collect and can build the base for preference learning approaches. Within this project, algorithms to learn from such qualitative depth data are developed and examined. In addition to prediction quality comparisons to conventional regression approaches, other criteria, such as runtime efficiency, the applicability in different domains and possibilities to generate new training data are evaluated.



Julian Lienen, M.Sc.  
E-mail: Julian.Lienen@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 33 45



Supported by: German Research Foundation (DFG)  
Project partner: Prof. Dr. Ralph Werth (L3S Research Centre, Leibniz University Hannover)



Maschinelles Lernen ist die Wissenschaft,  
Computer dazu zu bringen,  
etwas zu tun, ohne sie explizit zu programmieren.



Machine learning is the science  
of getting computers to act  
without being explicitly programmed.



Andrew Ng

---

## Tanja Tornede

M.Sc.  
Intelligente Systeme und maschinelles Lernen

---

Meinen Weg zur Informatik fand ich im Zuge meines Fachabiturs, welches ich im Jahr 2012 mit dem Schwerpunkt Medieninformatik am Berufskolleg in Schloß Neuhaus abgeschlossen habe. Im Laufe des letzten Schuljahres kristallisierte sich heraus, dass ich gern Informatik studieren möchte. Zu meinem Glück ist dies an der Universität Paderborn auch mit Fachabitur möglich. Bis zum Abschluss meines Masters im September 2018 bin ich der Universität treu geblieben und habe mich insbesondere mit künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen beschäftigt. Seit Januar 2019 bin ich wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen“ unter Leitung von Professor Eyke Hüllermeier. Zudem bin ich Mitglied im Kompetenzbereich Smart Systems des Software Innovation Campus Paderborn (SICP).

Ich forsche an der Automatisierung von Predictive Maintenance, also der Vorhersage des Ausfallzeitpunkts von Systemen im Hinblick auf präventive Wartung. Insbesondere beschäftige ich mich mit der Adaption von automatisiertem maschinellem Lernen an das Problemfeld des Predictive Maintenance, genauer gesagt der Vorhersage der Restlebenszeit eines Systems, genannt Remaining Useful Lifetime Prediction.

In vielen Teilen der Industrie ergeben ungeplante Stillstände aufgrund von fehlender Wartung Probleme. So führen solche Umstände beispielsweise in der Lebensmittelindustrie manchmal dazu, dass ganze Chargen entsorgt werden müssen, und stellen damit vermeidbare Ressourcenverluste dar. Zudem ist der weitere Ablauf des Systems durch derartige Probleme oftmals gestört, da es zu Verzögerungen oder Materialengpässen kommen kann.

Besonders für klein- und mittelständische Unternehmen ist dieser Umstand ein Problem, da es ihnen oftmals an finanziellen Mitteln mangelt, um das nötige Know-how oder die Entwicklung von hoch spezialisierten Predictive-Maintenance Technologien zu erwerben. Im Rahmen des SICP Projekts „ITS.ML“ arbeiten wir daran, gerade diesen Unternehmen unter die Arme zu greifen, um entsprechendes Know-how aufzubauen und Lösungen zu entwickeln. In Kombination mit der Automatisierung der Predictive-Maintenance-Anwendungen, mit der ich mich während meiner Promotion beschäftige, hoffen wir einen Beitrag zur Stärkung der klein- und mittelständischen Unternehmen leisten zu können und dementsprechend die Verschwendung von Ressourcen einzudämmen.

---

## Tanja Tornede

M.Sc.  
Intelligent Systems and Machine Learning

---

I found my way to computer science during my “Fachabitur”, which I completed in 2012 with a focus on media informatics at the Berufskolleg in Schloß Neuhaus. During my last school year, I realised that I would like to study computer science. Fortunately, this is possible at the Paderborn University with a “Fachabitur”. Until the end of my master’s degree in September 2018, I remained faithful to the university, and have been particularly focused on artificial intelligence and machine learning. Since January 2019, I have been a research assistant in the “Intelligent Systems and Machine Learning” workgroup under the direction of Professor Eyke Hüllermeier. I am also a member of the competence centre Smart Systems of the Software Innovation Campus Paderborn (SICP).

My research focuses on the automation of predictive maintenance, i. e. the prediction of system downtime with regard to preventive maintenance. In particular, I work on the adaptation of automated machine learning to the problem area of predictive maintenance, more precisely the prediction of the remaining lifetime of a system, called Remaining Useful Lifetime Prediction.

In many parts of the industry, unplanned downtime due to a lack of maintenance causes problems. In the food industry, for example, such circumstances sometimes lead to whole batches having to be disposed of and thus represent avoidable losses of resources. In addition, the further process of the system is often disturbed by such problems, as delays or material bottlenecks can occur.

This is a particular problem for small and medium-sized companies, as they often lack the financial means to acquire the necessary know-how or the development of highly specialised predictive maintenance technologies. In the SICP project “ITS.ML”, we are working on helping these companies in particular to build up the necessary know-how and develop solutions. In combination with the automation of predictive maintenance applications that I have been working on during my PhD, we hope to contribute to the strengthening of small and medium-sized companies and to reduce the waste of resources.

---

# Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

---

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

E-Mail: [fmadh@upb.de](mailto:fmadh@upb.de)  
Telefon: +49 52 51 | 60 64 80

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

 **acatech**

MITGLIED VON

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



Der Farbverlauf im rechten Bildteil zeigt, wie stark die Szene durch Samplepunkte approximiert wurde.

---

## High performance = Innovative computer systems + Efficient algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

---

High computing performance can only be achieved with a combination of powerful computer systems and algorithms that solve the given application problems as efficiently as possible. Therefore, the development of efficient algorithms has established itself as a classical branch of computer science. In our research area, we concentrate on solutions where current technological possibilities, such as high performance computer networks, mobile wireless communication networks or systems supported by specialised hardware, pose new challenges for algorithm development.

E-mail: [fmadh@upb.de](mailto:fmadh@upb.de)

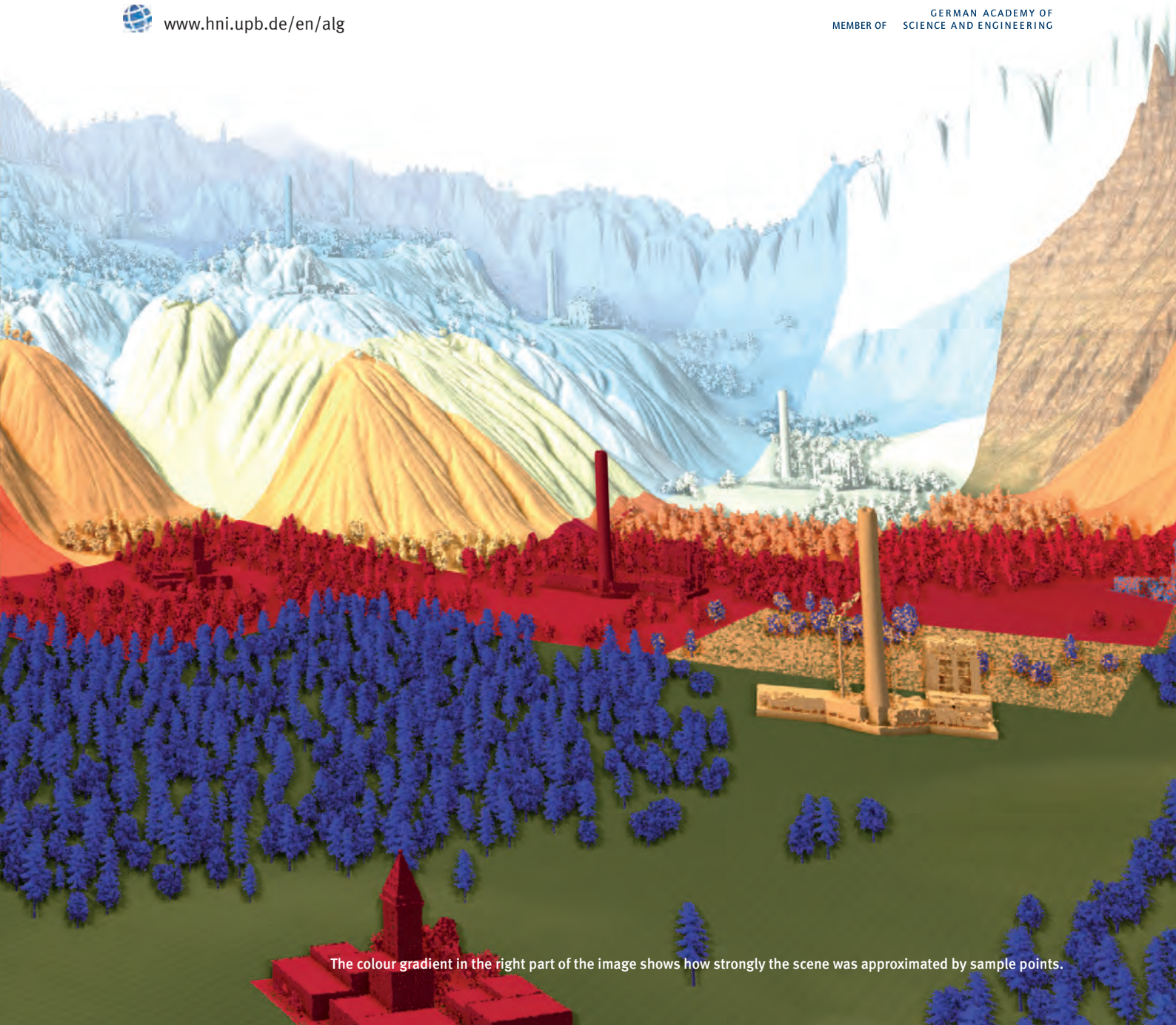
Phone: +49 52 51 | 60 64 80



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

 **acatech**

MEMBER OF GERMAN ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING



The colour gradient in the right part of the image shows how strongly the scene was approximated by sample points.



---

## 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 neue lokale algorithmische Methoden zur Nutzung und Kontrolle solcher Systeme entwickelt werden. Unsere Forschung befasst sich auf vielfältige Weise mit derartigen lokalen Algorithmen.

### Ressourcenmanagement

Viele moderne Anwendungen werden in absehbarer Zeit so viele Daten generieren, dass eine Platzierung des entsprechenden Services nah am Nutzer unumgänglich wird. Um die Platzierungskosten dieser Services gering zu halten, beschäftigen wir uns zum einen mit der effizienten Anpassung der Platzierung einer festen Menge von Ressourcen, um die Anfragekosten zu minimieren. Zum anderen untersuchen wir das Zusammenführen mehrerer Services in einer Maschine, um Einrichtungskosten zu sparen.

### Scheduling

In modernen heterogenen Rechenzentren gewinnen Ressourcenmanagement und Scheduling mehr und mehr an Bedeutung. In unserer Fachgruppe entwickeln und analysieren wir Schedulingalgorithmen, die die Nutzung von Ressourcen in großen Rechenzentren effizient und zugleich mit beweisbar guter Qualität organisieren. Derzeit liegt dabei ein besonderer Fokus auf dem Scheduling mit Setupzeiten und dem Scheduling auf einer Kombination aus einem ressourcenbeschränkten Server und einer Cloud.

### Lokale Strategien für Roboterschwärme

Die Theorie der Schwarmrobotik untersucht, welche Aufgaben von einem großen Schwarm von Robotern ausgeführt werden können und welche Eigenschaften die Roboter dafür benötigen. Durch die hohe Anzahl von Robotern kann ein einzelner Roboter nicht den gesamten Schwarm überblicken, sondern nimmt nur einen kleinen Teil des Schwarms in seiner unmittelbaren Umgebung wahr. Wir beschäftigen uns mit Strategien für Roboterschwärme, deren Ziel es ist, den Schwarm in eine bestimmte Formation zu bringen. Dabei werden bereits geometrisch einfache Konfigurationen, wie z. B. ein Punkt oder ein Kreis, bedingt durch die lokalen Sichten der Roboter, zu einer großen Herausforderung. Unser Fokus liegt auf dem Entwurf und der Analyse der Korrektheit solcher Strategien und insbesondere auf der Laufzeitanalyse.

### Computergrafik: Echtzeit-Navigation in komplexen 3-D-Welten

Um in einer virtuellen dreidimensionalen Welt zu navigieren und einen realistischen Eindruck zu erwecken, werden hohe Anforderungen an Datenstrukturen und Algorithmen gestellt, mit denen solche Welten verwaltet und als Bilder dargestellt werden. Wir konzentrieren uns auf die Entwicklung von Algorithmen, die eine approximative Darstellung der virtuellen Welt in Echtzeit berechnen können, abhängig von der Position und Blickrichtung des Betrachters.

### Ad-hoc-Netze in Umgebungen ohne Infrastruktur

Die Topologie dynamischer Netzwerke verändert sich über die Zeit, d. h., die Teilnehmer treten dem Netzwerk bei, sie scheiden aus dem Netzwerk aus oder sie verändern einfach nur ihre Position. Teilweise zerfallen solche Netzwerke in einzelne Komponenten, die nicht mehr zusammenhängend sind. Wir befassen uns in diesem Umfeld mit Strategien, die die Daten im Netzwerk durch sogenannte Postboten austauschen. Die Strategien werden in Ad-hoc-Netzwerken von Smartphones untersucht und angewendet.

---

## 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, 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.

### **Resource management**

Many modern applications will generate so much data in the foreseeable future that it will be essential to place the corresponding service close to the user. In order to keep the placement costs of these services low, we are working on the efficient adjustment of the placement of a fixed amount of resources in order to minimise the costs of incoming requests. On the other hand, we investigate the merging of several services in one machine in order to save setup costs.

### **Scheduling**

In modern heterogeneous computing centres, resource management and scheduling are gaining more and more importance. We develop and analyse scheduling algorithms that efficiently manage the usage of resources in huge computing centres while guaranteeing provably good performance. Currently, a special focus of our workgroup lies in scheduling with setup times and scheduling jobs on a combination of a resource restricted server and an unrestricted cloud.

### **Local strategies for robot swarms**

We investigate the theory of swarm robotics, in which we study the tasks that can be performed by a large swarm of robots and the properties that the robots need to accomplish them. Due to the high number of robots, a single robot cannot overlook the entire swarm, but only perceives a small part of the swarm in its immediate vicinity. We are dealing with strategies for robot swarms wherein the goal is to bring the swarm into a certain formation. Even geometrically simple configurations, such as a point or a circle, become a big challenge due to the local views of the robots. Our focus is on the design and analysis of the correctness of such strategies, and in particular on the runtime analysis.

### **Computer graphics: Real-time navigation in complex 3D worlds**

In order to navigate in a virtual three-dimensional world and to create a realistic impression, high demands are made on data structures and algorithms which are used to manage such worlds and render them as images. We focus on the development of algorithms that can compute an approximate rendering of the virtual world in real time, depending on the viewer's viewing position and direction.

### **Ad-hoc networks in environments without infrastructure**

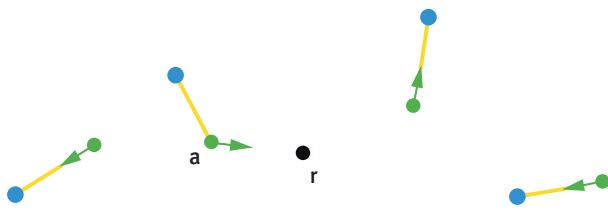
The topology of dynamic networks changes over time, i.e. the participants join the network, leave the network or simply change their position. Sometimes such networks decompose into separate components that are no longer connected. In this context, we investigate strategies that exchange data in the network by so-called postmen. The strategies are applied and analysed in ad-hoc networks of smartphones.

## Ressourcenmanagement

Große Datenströme in modernen Anwendungen erfordern, dass für die Anwendungen benötigte Ressourcen (wie zum Beispiel Datenblöcke oder allokierte Rechenleistung) nah an den Nutzern platziert werden. Wir adaptieren klassische Modelle der theoretischen Informatik in neue Szenarien, um von bisherigen Einsichten profitieren zu können.

### Lokale Adaption

Wir betrachten Anwendungen, bei denen eine große Menge Daten beim Endnutzer generiert werden. Diese Daten müssen zu einem Server gesendet werden, auf welchem eine Instanz eines entsprechenden Services läuft. Um eine geringe Antwortzeit zu gewährleisten, muss sich der entsprechende Server nah am Nutzer befinden. Da wir davon ausgehen, dass sich die Menge der Nutzer stetig ändert oder die Nutzer ihren Standort wechseln, müssen wir sowohl die Platzierung unserer laufenden Instanzen stetig anpassen als auch diese Anpassung möglichst lokal vornehmen, damit eine Rekonfiguration schnell durchführbar ist und die Servicequalität nicht beeinträchtigt.



Server des Algorithmus (grün) nutzen Simulation (blau) als Orientierung. Bewegung entlang des minimalen Matchings (gelbe Linie) mit Ausnahme des nächsten Servers  $a$  zur Nutzeranfrage  $r$ .  
The algorithm's servers (green) use simulation (blue) as orientation. Movement follows minimum matching (yellow line) with the exception of the closest server  $a$  to user request  $r$ .

Wir modellieren das oben beschriebene Problem ähnlich zu bestehenden klassischen Problemen der theoretischen Informatik wie dem  $k$ -Server-Problem. Unsere Algorithmen knüpfen direkt an diese klassischen Probleme an, in dem sie die entsprechenden Lösungen intern simulieren und als Vorlage für die eigene Platzierung der Ressourcen nutzen. Dies impliziert, dass wir direkt von zukünftigen Fortschritten in den klassischen Fragestellungen profitieren.

### Platzierung von (heterogenen) Ressourcen

Neben dem vorherigen Modell, in dem wir vor allem die Rekonfiguration einer fixen Menge von Ressourcen betrachten, erforschen wir auch das Hinzufügen von Ressourcen zur Laufzeit. Das klassische Facility-Location-Problem modelliert Szenarien,

in denen alle nutzergenerierten Anfragen zu sogenannten Facilities verbunden werden müssen, welche die Anfragen beantworten. Dabei gilt es, die Summe von Eröffnungskosten neuer Facilities und den Verbindungskosten der Anfragen zu den Facilities zu minimieren. Sollen die Facilities zur Laufzeit hinzugefügt werden, wenn die zukünftigen Nutzeranfragen unbekannt sind, dann ergibt sich ein hoher Approximationsfaktor in Abhängigkeit von der Anzahl aller Nutzer. Wir konnten jedoch zeigen, dass diese Abhängigkeit verschwindet, wenn man geringe Korrekturen der Position platzierter Facilities zulässt. Unsere Algorithmen hierzu führen nur lokale Korrekturen aus und kommen ohne die Speicherung der Nutzerpositionen aus.

In unserer aktuellen Forschung erweitern wir das Modell außerdem um mehrerer Typen von Services, welche gemeinsam in einer Facility platziert werden können. Dadurch sinken die relativen Kosten der Platzierung, es ergeben sich allerdings neue algorithmische Probleme, diese Kostensenkung auch auszunutzen. Tatsächlich konnten wir bereits zeigen, dass der kompetitive Faktor von der Anzahl verschiedener Typen abhängt. Unser Ziel ist die Entwicklung von Online-Algorithmen, welche diese untere Schranke erreichen.



**Till Knollmann, M.Sc.**

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

Telefon: +49 5251 | 60 64 28



**Björn Feldkord, M.Sc.**

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

Telefon: +49 5251 | 60 64 33



Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901  
„On-The-Fly Computing“, Teilprojekt A1

## Resource management

Large data streams in modern applications require that the resources required for the applications (such as data blocks or allocated computing power) are placed close to the users. We adapt classical models of theoretical computer science into new scenarios in order to benefit from previous insights.

### Local adaption

We consider applications where a large amount of data is generated at the end user. This data must be sent to a server running an instance of a corresponding service. To ensure a short response time, the corresponding server must be close to the user. Since we assume that the number of users is constantly changing or that users are changing locations, we have to constantly adjust the placement of our current instances as well as make this adjustment as local as possible so that reconfiguration can be carried out quickly and does not affect the quality of service.

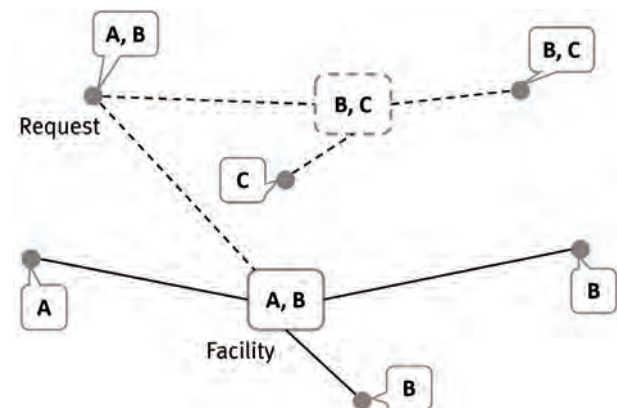
We model the problem described above similar to existing classical problems of theoretical computer science like the k-server problem. Our algorithms link directly to these classical problems by simulating the corresponding solutions internally and using them as a template for their own resource placement. This implies that we benefit directly from future advances in classical problems.

### Placement of (heterogeneous) resources


In addition to the previous model, in which we focus on reconfiguring a fixed set of resources, we also explore adding resources at runtime. The classical Facility Location Problem models situations where all user-generated requests must be linked to so-called facilities answering the requests. The aim is to minimise the sum of the opening costs of new facilities and the connection costs of the requests to the facilities. If the facilities are to be added at runtime if the future user requests are unknown, then a high approximation factor results depending on the number of all users. However, we were able to show that this dependency disappears if small corrections to the position of placed facilities are allowed. Our algorithms perform only local corrections and do not store user positions.


In our current research, we are also extending the model to include several types of services that can be placed together in a facility. This reduces the relative costs of placement, but new algorithmic problems arise in exploiting this cost reduc-


tion. In fact, we have already shown that the competitive factor depends on the number of different types. Our goal is to develop online algorithms that reach this lower bound.



Anfragen (Punkte) bestehen aus verschiedenen Typen (A,B,C), welche von heterogenen Facilities (Rechtecke) bedient werden. Requests (points) consist of different types (A,B,C) which have to be served by heterogeneous facilities (rectangles).

 Till Knollmann, M.Sc.  
E-mail: [tillk@hni.upb.de](mailto:tillk@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 27

 Björn Feldkord, M.Sc.  
E-mail: [bjoernf@hni.upb.de](mailto:bjoernf@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 33

 Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901  
"On-The-Fly Computing", subproject A1

## Scheduling mit Setupzeiten

Scheduling spielt eine wichtige Rolle für das Ressourcenmanagement zum Beispiel in Produktionssystemen oder Rechenzentren, wie wir sie im Teilprojekt C4 des SFB 901 betrachten. Unsere aktuelle Forschung in diesem Bereich konzentriert sich auf Probleme, bei denen Setupzeiten explizit modelliert werden, um Szenarien angemessen zu erfassen, in denen Zeit für die Vorbereitung von Maschinen für die Ausführung von Jobs erforderlich sein kann.

### Scheduling und Setupzeiten

Scheduling ist eine grundlegende Aufgabe beim Betrieb eines Rechenzentrums, eines Produktionssystems oder dergleichen. Ein Schedule bestimmt dabei die Zuordnung von Maschinen zu Jobs, indem er definiert, welcher Job zu welchem Zeitpunkt auf welcher Maschine ausgeführt wird. Da die Berechnung guter Schedules eine nicht triviale Aufgabe ist, ist der Algorithmenentwurf von cleveren Ansätzen ein wichtiges Forschungsgebiet.

Abhängig vom Szenario, in dem ein Schedulingalgorithmus eingesetzt wird, müssen alle Aspekte, die einen großen Einfluss auf die Qualität einer Lösung haben können, angemessen modelliert werden. Ein solcher Aspekt kann das Auftreten von Setupaktivitäten sein. Solche Aktivitäten können beispielsweise Rüstzeiten sein, wenn Maschinen in Produktionssystemen gereinigt oder mit Werkzeugen ausgestattet werden müssen, oder in Computersystemen, wenn auf rekonfigurierbarer Hardware verschiedene Dienste angeboten werden. Unser Fokus liegt daher auf der Entwicklung von Modellen mit expliziter Einbeziehung solcher Setupzeiten. Hierzu betrachten wir Jobs unterschiedlicher Typen, die auf einer einzelnen oder parallelen Maschine/n verarbeitet werden. Sobald eine Maschine von Jobs eines Typs auf Jobs eines anderen Typs wechselt, muss ein Setup zur Rekonfiguration erfolgen.

### Approximations- und Online-Algorithmen

Da die betrachteten Probleme in der Regel aufgrund ihrer Komplexität oder mangelnden Zukunftswissens nicht optimal gelöst werden können, haben wir Algorithmen entwickelt und analysiert, die suboptimale, aber beweisbar gute Schedules berechnen. Wir haben Algorithmen für die Minimierung des Makespan auf identischen sowie (hochgradig) heterogenen Maschinen entwickelt. Für Szenarien, in denen Jobs über die Zeit auftauchen, haben wir uns mit der Minimierung der maximalen Antwortzeit beschäftigt. Wir haben die Kompetitivität von einfachen und praktischen Ansätzen analysiert. Um den (bisweilen zu pessimistischen) Worst-Case-Charakter der Kompetitivität abzuschwächen, haben wir außerdem genauere Ana-

lysetechniken angewandt, um künstliche, pathologische Fälle von der Performance-Analyse auszuschließen.

### Umgang mit komponierten Services

In letzter Zeit haben wir unsere Modelle erweitert, um das Szenario des SFB 901 noch besser zu erfassen: Da OTF-Dienste einen zusammengesetzten Charakter haben und aus mehreren Basisdiensten bestehen, haben wir Modelle mit Multioperationsjobs entwickelt. Solche Jobs gelten erst dann als abgeschlossen, wenn alle ihre Komponenten bearbeitet wurden. Obwohl die Heterogenität der Komponenten und damit die Notwendigkeit, Maschinen richtig zu konfigurieren, ein wichtiger Aspekt bleibt, macht die Kompositionsstruktur frühere Lösungen unpraktikabel: Das Einplanen eines kompletten Jobs nach dem anderen kann zu einem zu hohen Aufwand für Setups führen. Unsere neuen Ansätze gehen auf dieses Problem ein und lösen eine sorgfältig entwickelte vereinfachte Version des Problems, um die endgültigen Schedules zu erstellen und nachweislich gute Lösungen zu liefern.



**Alexander Mäcker, M.Sc.**  
E-Mail: Alexander.Maecker@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 28



**Simon Pukrop, M.Sc.**  
E-Mail: Simon.Pukrop@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 52



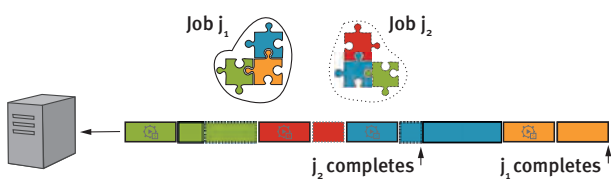
Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901  
„On-The-Fly Computing“, Teilprojekt C4

## Scheduling with setup times

Scheduling plays an important role for the resource management in, for example, production systems or compute centres as considered in our subproject C4 of the SFB 901. Our current research in this area focuses on problems in which setup times are explicitly modelled to properly capture scenarios where some time might be required to prepare machines to perform jobs.

### Scheduling and setup times

Scheduling is a fundamental task when operating a computing centre, a production system or the like. A schedule determines the allocation of machines to jobs by defining for each job the machine and time at which it is processed. Since determining good such schedules is a non-trivial task, the algorithm design of clever approaches is an important field of research.



Die zuletzt ausgeführte Komponente eines Jobs bestimmt dessen Abschlusszeitpunkt.

The component that is processed last determines a job's completion time.

Depending on the scenario in which a scheduling algorithm is applied, all aspects that may considerably influence the quality of a schedule have to be modelled properly. One such aspect can be the occurrence of setup activities. Such activities might occur as changeover times when machines in production systems need to be cleaned or equipped with tools, or in computing systems when reconfigurable hardware offers various services. Our focus is the development of models with the explicit incorporation of such setups. To this end, we consider jobs of different types that need to be processed on a single or parallel machines and, whenever a machine switches from processing jobs of one type to jobs of a different type, a setup needs to take place.

### Approximation and online algorithms

As the considered problems can usually not be solved optimally due to intractability or unpredictability of future events, we developed and analysed algorithms that compute suboptimal but provably good schedules. We designed algorithms for minimising the makespan on identical as well as (highly) heterogeneous machines. For scenarios where jobs appear

online over time, we studied the minimisation of the maximum response time. We analysed the competitiveness of simple and practical approaches. To mitigate the (sometimes overly pessimistic) worst-case character of competitiveness, we also applied more sophisticated analysis techniques to exclude artificial, pathological inputs from the performance analysis.

### Handling composed services

Lately, we extended our models to even better capture the SFB 901 scenario: Since OTF-services have a composite character in the sense that they are composed of several base services, we developed models with multioperation jobs. Such jobs are only considered finished after all of its components have been processed. Although the heterogeneity of components and consequently the need of setting up machines properly remains an important aspect, the composite structure makes former solutions infeasible: Scheduling a full job after the other might lead to an excessively high setup overhead. Our new approaches address this issue and, by solving a carefully designed simplified version of the problem to construct the final schedules, provide provably good solutions.



Alexander Mäcker, M.Sc.

E-mail: Alexander.Maecker@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 64 28



Simon Pukrop, M.Sc.

E-mail: Simon.Pukrop@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 64 52



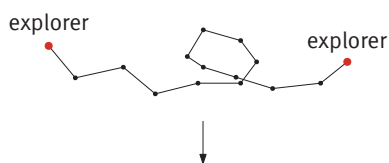
Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901  
"On-The-Fly Computing", subproject C4

## Lokale Strategien für selbstorganisierende Roboterschwärme

Wir betrachten einen Schwarm von autonomen mobilen Robotern, welcher ein gemeinsames Ziel verfolgt. Dies kann zum Beispiel das Erkunden eines unbekanntes Terrains oder das Bilden einer Kommunikationskette in einer Umgebung ohne Infrastruktur sein. Da Roboter keine globale Übersicht über den Schwarm haben, sondern nur ihre direkte Umgebung wahrnehmen können, werden bereits einfachste Koordinationsaufgaben zu einer Herausforderung.

### Bilden einer langen Kommunikationskette

Eine der zentralen Aufgaben eines Roboterschwarms ist das Erzeugen einer Formation. Es ist bekannt, dass aus beliebigen initialen Schwärmen nur die Formationen Kreis und Punkt erzeugt werden können. Das heißt, dass sich entweder alle Roboter auf einem Punkt treffen oder einen Kreis formen. Andere Formationen sind nicht immer möglich, dies hängt von Symmetrien der Startkonfiguration ab. Wir beschäftigen uns damit, wie man auch andere Konfigurationen, wie z. B. eine Linie, aus beliebigen Startkonfigurationen erzeugen kann. Ein Ansatz ist es, bestimmten Robotern im System eine Sonderrolle zuzuweisen. Ein Anwendungsbeispiel ist eine Kommunikationskette von Robotern beim Erkunden eines fernen Planeten. Da dort keine Infrastruktur existiert, können Roboter nicht über



Die initiale Kette (oben) soll in eine lange gerade Linie transformiert werden.

The initial chain (above) is supposed to be transformed into a long straight line.

beliebige Distanzen miteinander kommunizieren. Dafür werden sogenannte Relays eingesetzt, welche die Kommunikation zwischen zwei Robotern (Explorern) ermöglichen. Die entstehende Struktur ist dann eine Kette, in welcher die beiden Explorer mit genau einem Relay verbunden sind und die Relays mit jeweils zwei anderen Relays. Das Gesamtziel ist nun, die Distanz zwischen den beiden Explorern zu maximieren. Wir haben eine Strategie entworfen, welche aus allen Startkonfigurationen eine gerade Linie erzeugt. Unser nächster Fokus liegt auf der Laufzeitanalyse dieser Strategie und auf Verallgemeinerungen, z. B. das Erzeugen einer langen Linie aus einer Startkonfiguration ohne Kettenstruktur.

### Schnelles Versammeln von Robotern

Die Grundlage vieler Koordinationsaufgaben für einen Schwarm von Robotern liegt darin, weit entfernte Roboter zu versammeln. Wir untersuchen das Versammeln eines Roboterschwarms auf einem Punkt. Der Einfachheit halber nehmen wir an, dass Roboter punktförmig sind und keine Ausdehnung haben. Der aktuelle Stand der Forschung ist, dass sich ein Schwarm von Robotern in der Euklidischen Ebene in quadratischer Zeit auf einem Punkt versammeln kann. Die Roboter haben dabei nur lokale Sicht und keinen gemeinsamen Kompass und kein gemeinsames Koordinatensystem. Unser Ziel ist es, eine Strategie zu entwickeln, welche Roboter in linearer Zeit auf einem Punkt versammelt. Dazu statten wir die Roboter mit einem konstant großen Speicher und einer Anzahl von sichtbaren Lampen aus, mit denen sie anderen Robotern in ihrer Umgebung einen Zustand mitteilen können. Dies ermöglicht es, Roboter mit einem sichtbaren Zustand auszustatten, welcher den Nachbarrobotern angibt, wie sie sich verhalten sollen. Problematisch an diesem Ansatz sind vollständig symmetrische Konfigurationen, da in diesem Fall jeder Roboter die gleiche Sicht hat. Wir erforschen aktuell, wie man mit solchen hochsymmetrischen Konfigurationen umgeht, sodass solche Konfigurationen auch ohne das Verwenden von Zuständen in linearer Zeit auf einem Punkt versammelt werden können. Zukünftig wollen wir erforschen, inwieweit beliebige Konfigurationen in linearer Zeit auf einem Punkt versammelt werden können.



Jannik Castenow, M.Sc.

E-Mail: Jannik.Castenow@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 64 27

---

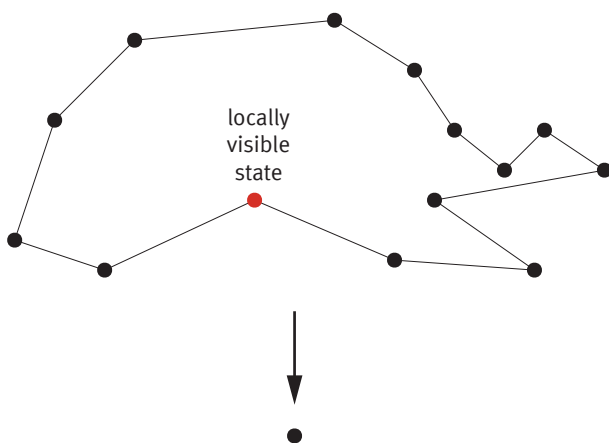
## Local strategies for self-organising robot swarms

---

We consider a swarm of autonomous mobile robots pursuing a common goal. This can be, for example, exploring an unknown terrain or forming a communication chain in an environment without infrastructure. Since robots do not have a global overview of the swarm, but can only perceive its immediate environment, even the simplest coordination tasks become a challenge.

### Stretching a communication chain

One of the central tasks of a robot swarm is the generation of a formation. It is known that only the formation's circle and point can be created from any initial swarm. This means that either all the robots gather at one point or form a circle. Other formations are not always possible, this depends on the symmetries of the start configuration. We will deal with how to create other configurations, e.g. a line, from arbitrary start configurations. One approach is to assign a special role to certain robots in the system. An application example is a communication chain of



Mit lokal sichtbaren Zuständen können Roboter eine Sonderrolle einnehmen.  
With locally visible states, robots can have a special role.

robots exploring a distant planet. Since there is no infrastructure there, robots cannot communicate with each other over arbitrary distances. So-called relays are used to enable communication between two robots (explorers). The resulting structure is then a chain in which the two explorers are connected to exactly one relay and the relays to two other relays, each. The overall goal is to maximise the distance between the two explorers. We have designed a strategy that creates a straight line from all start configurations. Our next focus is on the runtime analysis of this strategy and on generalisations, e.g. creating a long line without a chain structure.

### Gathering robots fast

The basis of many coordination tasks for a swarm of robots is to gather distant robots. We study the gathering of a swarm of robots on a point. For simplicity's sake, we assume that robots are point-like and have no expansion. The current state of research is that a swarm of robots in the Euclidean plane can gather on a point in quadratic time. The robots have only a local view and no common compass or coordinate system. Our goal is to develop a strategy for gathering robots on a point in linear time. For this purpose, we equip the robots with a constant memory and a number of visible lights with which they can communicate a state to other robots in their environment. This makes it possible to equip robots with a visible state that tells the neighbouring robots how to behave. The problem with this approach is the configurations which are completely symmetrical since, in this case, each robot has the same view. We are currently investigating how to deal with such highly symmetric configurations so that they can be assembled on one point in linear time without using states. In the future, we want to investigate to what extent arbitrary configurations can be gathered on a point in linear time.



Jannik Castenow, M.Sc.

E-mail: [Jannik.Castenow@hni.upb.de](mailto:Jannik.Castenow@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 64 27

---

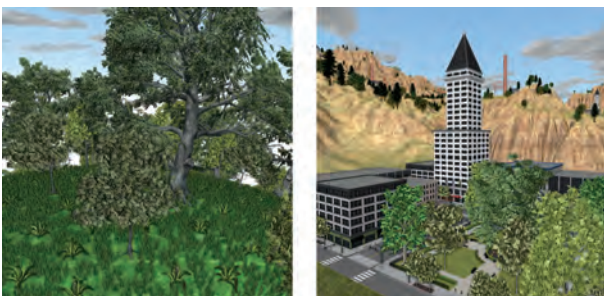


## Algorithmen für Computergrafik

### Progressives Sampling von 3-D-Oberflächen auf der Grafikkarte

In 3D-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 Rendering-Algorithmen, die die zu verarbeitende Datenmenge zur Laufzeit so stark verringern, dass eine Navigation möglich ist.

Das Sampling von 3-D-Oberflächen ist eine unverzichtbare Technik in der Computergrafik mit vielen Anwendungen, wie Rendering, Beleuchtung, Objektverteilung oder Oberflächenanalyse. Eine der wichtigsten Eigenschaften von Sampling-Techniken ist die Blue-Noise-Eigenschaft, d. h. eine Punktverteilung mit hoher räumlicher Gleichmäßigkeit und geringer Regelmäßigkeit. Dies entspricht natürlichen Phänomenen (z. B. der Verteilung der Netzhautzellen im Auge) und hat einen gewissen ästhetischen Reiz. Wir haben Techniken entwickelt, die nicht nur Blue-Noise-Verteilungen sehr schnell berechnen können, sondern auch die Punkte so ordnen, dass jedes Präfix der Punktfolge gute Blue-Noise-Eigenschaften hat. Wir verwenden solche Punktfolgen für die Entwicklung eines hocheffizienten punktbasierten Rendering-Algorithmus, der die Darstellung komplexer virtueller 3-D-Szenen in Echtzeit ohne aufwendige Vorberechnungen ermöglicht.



Links: Verteilung von Pflanzen auf einer Kugel. Rechts: Punktbasiertes Rendering einer komplexen 3-D-Szene.  
Left: Distribution of plants on a sphere. Right: Point-based rendering of a complex 3D-scene.

#### Progressives Sampling auf der Grafikkarte

In den letzten Jahren haben Sampling-Methoden, die auf der Grafikkarte laufen, aufgrund der massiven Parallelität, die es ermöglicht, qualitativ hochwertige Samplings in Echtzeit zu erhalten, an Popularität gewonnen. Eine Hauptschwierigkeit beim Blue-Noise-Sampling auf der Grafikkarte ist die Verwaltung der erforderlichen räumlichen Datenstrukturen und die Konfliktlösung von sich überlappenden Sample-Disks. Beim progressiven Sampling ist eine weitere Schwierigkeit, dass



**Dr. Matthias Fischer**

E-Mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 64 66



**Sascha Brandt, M.Sc.**

E-Mail: Sascha.Brandt@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 64 51

jeder Sample in der Sample-Sequenz stark von den vorherigen Samples in dieser Sequenz abhängt. Dies beeinträchtigt die Parallelisierbarkeit von Sampling-Algorithmen. Wir sind die Ersten, die eine progressive Sampling-Methode für Oberflächen entwickelt haben, die vollständig auf der Grafikkarte läuft. Wir erreichen dies, indem wir das Problem des 3-D-Oberflächen-Samplings auf eine Reihe paralleler 2,5-D-Probleme reduzieren, die wir mit der Rasterisierungshardware moderner Grafikkarten effizient lösen können. Die Hauptidee besteht darin, die Oberflächendaten eines Objekts aus mehreren Richtungen in einen Satz von Bildern zu rasterisieren und schrittweise das diskrete 3-D-Voronoi-Diagramm, basierend auf diesen Bildern, zu berechnen, aus dem wir mehrere Samples parallel auswählen und sie anhand des abnehmenden Sample-Radius anordnen.

#### Objektverteilung und Rendering mit progressiven Samples

Ein Vorteil progressiver Samples ist, dass jedes Präfix der Sample-Sequenz gut verteilt ist und die gesamte Oberfläche eines Objekts abdeckt. Wir verwenden diese Eigenschaft für einen einfachen, aber hocheffizienten punktbasierten Rendering-Algorithmus, bei dem wir 3-D-Scheiben anstelle der Originalgeometrie zeichnen. Eine weitere Anwendung ist die Verteilung von Objekten auf 3-D-Oberflächen. Wir verwenden progressive Samples für die automatische Generierung von 3-D-Szenen, bei denen wir Pflanzen und andere Objekte auf einem 3-D-Gelände optisch ansprechend platzieren.

## Algorithms for computer graphics

### Progressive sampling of 3D-surfaces on the graphics card

In 3D-assisted simulation and test environments, it is often required to interactively navigate in highly complex 3D-scenes, that are partly generated at run time. To render such 3D-scenes in real time, we develop rendering algorithms that reduce the amount of data to be processed so that fluent navigation is possible.

Sampling of 3D-surfaces is a technique in computer graphics with many applications, like rendering, illumination, object distribution, or surface analysis. One of the most important properties of sampling techniques is the blue noise property, i. e. a point distribution with high spatial uniformity and low regularity. This corresponds well with natural phenomena (e. g. retina cell distribution) and has a certain aesthetic appeal. We developed techniques that cannot only compute blue noise distributions very fast, but also order the points so that every prefix of the point sequence has good blue noise properties. We use such point sequences for developing a highly efficient point-based rendering algorithm that allows displaying complex 3D-scenes in real-time, without costly pre-calculations.

#### Progressive sampling on the graphics card

In recent years, sampling methods that run on the graphics card have gained a lot of popularity because of the massive parallelism which potentially enables obtaining high quality samplings in real-time. One core difficulty for blue-noise sampling on the graphics card is managing the required spatial data structures and resolving conflicts of overlapping sample disks. For progressive samplings, another difficulty is that every sample in the sample sequence highly depends on the previous samples in that sequence. This adversely affects the parallelisability of sampling algorithms. We are the first to propose a progressive sampling method for surfaces that runs entirely on the graphics card. We do this by reducing the problem of 3D-surface sam-

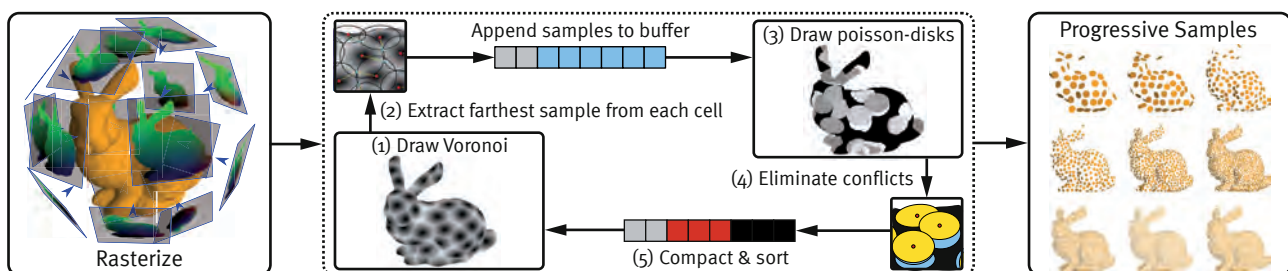
 **Dr. Matthias Fischer**  
E-mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 66

 **Sascha Brandt, M.Sc.**  
E-mail: Sascha.Brandt@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 51

pling to a set of parallel 2.5D-problems which we can efficiently sample using the rasterisation hardware of modern graphics cards. The main idea is to rasterise the surface data of an object from multiple directions into a set of images and progressively compute the discrete 3D-Voronoi diagram based on these images from which we choose multiple samples in parallel and order them by decreasing sample radius.

#### Object distribution and rendering with progressive samples

One advantage of progressive samples is that any prefix of the sample sequence is well distributed and covers the entire surface of an object. We use this property for a simple but highly efficient point-based rendering algorithm, where we draw 3D-disks instead of the original geometry. Another application is the distribution of objects on 3D-surfaces. We use progressive samples for the automatic generation of 3D-scenes where we place plants and other objects on a 3D-terrain in a visually pleasing manner.



Übersicht über unser Sampling-Verfahren. Zuerst rasteren wir ein Objekt aus mehreren Richtungen. Dann berechnen wir schrittweise das diskrete Voronoi-Diagramm, extrahieren die am weitesten entfernten Samples, eliminieren Konflikte und sortieren die Samples im Präfix. Overview of our sampling procedure. First we rasterise an object from several directions. Then, we calculate the discrete Voronoi diagram step by step, extract the most distant samples, eliminate conflicts and sort the samples in the prefix.

## Networking einmal anders: Krisenhilfe in der Smartphone-Ära

### Wie Netzwerke von Smartphones im Katastrophenfall helfen können, die Bevölkerung zu schützen

Im BMBF-geförderten Projekt RESIBES (RESillienz durch Helfernetzwerke zur BEwältigung von KriSen und Katas-trophen) wird die Zukunft des Katastrophenschutzes im Zeitalter ungebundener Helfer erforscht. Wir unterstützen diese Arbeit mit der Entwicklung einer Smartphone-App für Netzwerke, die dann zum Tragen kommen, wenn die Telefon- und Mobilfunknetze nicht mehr funktionieren.

Die Zielsetzung von RESIBES, einem Verbundprojekt vom Deutschen Roten Kreuz, den Universitäten Freiburg und Paderborn, dem C-Lab Paderborn sowie der industriellen Partner Atos und mainis, ist es, Helfernetzwerke für die Zukunft zu erforschen. Während traditionelle Organisationen wie das Rote Kreuz, das Technische Hilfswerk und viele weitere einen Rückgang an Ehrenamtlichen zu verzeichnen haben, hat sich u. a. bei den Sturm- und Hochwasserereignissen in der jüngeren Vergangenheit gezeigt, dass im Krisenfall dennoch viele Menschen in Deutschland helfen wollen. Diese ungebundenen Helfer sind oft über soziale Netzwerke selbstorganisiert gewesen. Um dieses Potenzial in Krisen besser nutzen zu können, wird in RESIBES erforscht, wie man diese Organisation über eine Plattform verbessern und zentralisieren kann.

Ein Aspekt des Projekts ist die Kommunikation im Krisenfall. Insbesondere durch Stromausfälle kann es zu Ausfällen von Telefonnetzen und Mobilfunk und damit vom Internet kommen. Kommunikation ist aber für die Organisation in Krisen sehr wichtig, und da die ungebundenen Helfer im Gegensatz zu Rettungsorganisationen nicht über Funkgeräte verfügen, ist hier eine Alternative nötig. An einer solchen Alternative, einem Ad-Hoc Netzwerk mit den Smartphones der Helfer, arbeiten wir in dem Projekt.

Eine Herausforderung in solchen Netzwerken ist die Mobilität der Teilnehmer und deren Gruppenbildung. So ist das Netzwerk häufig nicht zusammenhängend, und durch die Bewegung von Smartphones müssen Nachrichten zwischen Gruppen übertragen werden. Wenn aber die Bewegung der Teilnehmer auf wichtigen Strecken zu gering ist, können Nachrichten nur selten übertragen werden. Entlang solcher Strecken kann es also sinnvoll sein, Geräte zu platzieren, die eine dauerhafte Verbindung garantieren können. Mit der Portierung unserer Softwarebibliothek auf Raspberry Pis haben wir für genau solche Anwendungen die Voraussetzung geschaffen. Die günstigen Mini-Computer, mit WLAN und Bluetooth ausgestattet, können so mit einer Powerbank an strategisch günstigen Punkten aufgestellt werden und über viele Stunden den Netzwerkzusammenhang verbessern oder sogar erst ermöglichen.



**Dr. Matthias Fischer**

E-Mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 64 66



**Johannes Schaefer, M.Sc.**

E-Mail: Johannes.Schaefer@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 64 20



Gefördert durch: Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF)

Projektpartner: Atos Information Technology GmbH, C-LAB Universität Paderborn, Deutsches Rotes Kreuz (Bezirksverband Frankfurt am Main), Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, mainis IT-Service GmbH



Die Basisstationen sind in stabile Boxen verbaute Raspberry Pis mit Android Things und Powerbanks.

The base stations are Raspberry Pis with Android Things and Powerbanks built into stable boxes.

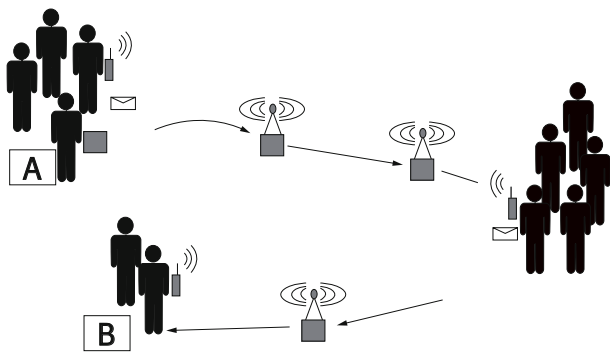
Da diese platzierten Geräte, im Gegensatz zu den Smartphones, häufig dieselben Nachbarn haben, war es sinnvoll, auch die Protokolle anzupassen. So informieren solche Geräte ihre Nachbarn vorab über eine Änderung in ihrem Datenbestand, bevor eine Verbindung aufgebaut werden muss. Dadurch können die Geräte Strom sparen und haben somit eine längere Haltbarkeit. In einigen Fällen können dadurch auch der Durchsatz und die Latenz im Netzwerk verbessert werden. Die Raspberry Pis sind dabei voll kompatibel zu der zuvor entwickelten Smartphone-App und fügen sich nahtlos in das Netzwerk ein, wie wir in mehreren Experimenten gezeigt haben.

## Networking done differently: crisis relief in the smartphone era

### How networks of smartphones can help protect the population in the event of a disaster

In the BMBF-funded RESIBES project (resilience through helper networks for coping with crises and disasters), the future of disaster control in the age of voluntary helpers is being researched. We support this work with the development of a smartphone app for networks that come into play when the mobile network infrastructure is broken.

The objective of RESIBES, a joint project of the German Red Cross, the Universities of Freiburg and Paderborn, the C-Lab Paderborn and the industrial partners Atos and mainis, is to develop helper networks for the future. While traditional organisations, such as the Red Cross, the Technical Relief Agency (THW) and many others, are experiencing a decline in the number of volunteers, storm and flood events in the recent past have shown that many people in Germany nevertheless want to help in the event of a crisis. These independent helpers have often been self-organised via social networks. In order to make better use of this potential in crises, RESIBES is investigating how this organisation can be improved and centralised via a platform.



Nachrichten werden nicht mehr nur durch Bewegung von Teilnehmern weitergereicht, sondern über teils mehrere zwischen Gruppen positionierten Basisstationen weitergeleitet.

Messages are no longer passed on only by movement of participants, but are forwarded via sometimes several base stations, which are positioned between groups.

One aspect of the project is communication in the event of a crisis. Power outages, in particular, can also lead to outages in telephone networks and mobile communications and thus the Internet. However, communication is very important for the organisation in crises, and since independent helpers, unlike rescue organisations, do not have radio equipment, an alternative is needed. We are working on such an alternative, an ad-hoc network with the helpers' smartphones.

A challenge in such networks is the mobility of the participants and their group formation. The network is often not connected and messages have to be transmitted between groups through the movement of participants' smartphones. If, however, the movement of the participants on important routes is too small, messages can only rarely be transmitted. It can, therefore, be useful to place devices along such routes that can guarantee a permanent connection. With the porting of our software library to Raspberry Pis, we have created the conditions for exactly such applications. The inexpensive mini computers, equipped with WLAN and Bluetooth, can thus be set up with a power bank at strategically favourable points and improve the network connection over many hours.

Since these placed devices, unlike smartphones, often have the same neighbours, it makes sense to also adapt the protocols. For example, such devices inform their neighbours in advance about a change in their database before a connection has to be established. This enables the devices to save power and thus have a longer service life. In some cases, it can also improve network throughput and latency. The Raspberry Pis are fully compatible with the previously developed smartphone app and fit seamlessly into the network, which we could show in multiple experiments.



**Dr. Matthias Fischer**

E-mail: [Matthias.Fischer@hni.upb.de](mailto:Matthias.Fischer@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 64 66



**Johannes Schaefer, M. Sc.**

E-mail: [Johannes.Schaefer@hni.upb.de](mailto:Johannes.Schaefer@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 64 20



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

Project management: Atos Information Technology GmbH, C-LAB Paderborn University, Deutsches Rotes Kreuz (Bezirksverband Frankfurt am Main), Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, mainis IT-Service GmbH



>> Ausdauer zahlt sich aus. <<

>> Perseverance pays off. <<

---

## Surender Baswana

Prof. Dr.  
Algorithmen und Komplexität

---

Ich stamme aus Indien, wo ich am Indian Institute of Technology Kanpur ein ständiges Mitglied der Fakultät für Informatik und Computertechnik bin. Derzeit bin ich Gastwissenschaftler am Heinz Nixdorf Institut. Gefördert wird mein Gastaufenthalt von der Alexander-von-Humboldt-Stiftung. Dies ist nicht mein erster längerer Aufenthalt in Deutschland. Schon von 2003 bis 2006 habe ich drei Jahre in Saarbrücken verbracht, wo ich als Postdoktorand am Max-Planck-Institut für Informatik tätig war. Ich bin aufrichtig von dem freien und uneingeschränkten Forschungsklima beeindruckt und davon, wie viel Unterstützung wir in diesen Jahren erhalten haben. Das hat ganz wesentlich zu meiner Weiterentwicklung als Forscher beigetragen.

Ich bewundere Deutschland und die Menschen hier für viele ihrer Eigenschaften. Es ist erstaunlich, dass die Bildung in Deutschland – anders als in allen anderen Teilen der Welt – von der Marktwirtschaft verschont geblieben ist. Außenstehende mögen die Menschen vielleicht als kühl und distanziert sehen. Ich habe die Deutschen jedoch als hilfsbereiter, toleranter und höflicher kennengelernt als alle anderen Menschen, mit denen ich bisher in verschiedenen Ländern zusammengearbeitet habe. Ich erinnere mich sehr gern an die Jahre meines Aufenthalts zurück, in denen viele Menschen keine Mühen gescheut haben, um mir zu helfen.

Ich bin genauso gern in der Lehre tätig wie in der Forschung. Es ist eine anspruchsvolle Aufgabe, dem wissenschaftlichen Nachwuchs mit richtigen Fragen und Antworten neue Konzepte nahezubringen. Das Geheimnis eines erfolgreichen Unterrichts ist es, ein Konzept vollständig zu verinnerlichen, um es dann den Studierenden verständlich zu erklären. Dies half mir oft, auch neue grundlegende Forschungsprobleme zu formulieren. Erfolgreiches Unterrichten kommt daher auch der Forschung zugute. In meiner 20-jährigen Tätigkeit als Forscher arbeitete ich an einer Vielzahl von Problemen. Das Erstaunlichste ist nach meiner Erfahrung, dass bei jedem Forschungsvorhaben der Ausdauer die wichtigste Rolle zukommt. Ich habe erkannt, dass dies so viel wichtiger ist als Geistesschärfe oder analytische Fähigkeiten.

Meine Freizeit verbringe ich am liebsten mit meiner Familie: meiner Frau und meinem dreijährigen Sohn. Außerdem bin ich sehr gern auf den Laufstrecken in den deutschen Wäldern unterwegs. Das Laufen dort ist sehr angenehm – es nimmt mir die Müdigkeit, die sich tagsüber anstaut. Und es hilft mir, meine Ausdauer sowohl auf physischer als auch auf geistiger Ebene zu stärken.

---

## Surender Baswana

Prof. Dr.  
Algorithms and Complexity

---

I am from India, where I am a faculty member in the Department of Computer Science and Engineering at the Indian Institute of Technology Kanpur. Currently, I am a visiting scientist in the workgroup headed by Professor Friedhelm Meyer auf der Heide at Heinz Nixdorf Institute for the period from December 2018 to March 2020. My visit is supported by a fellowship for experienced researchers from Alexander von Humboldt Stiftung/Foundation. This is not the first long visit to Germany. Earlier I spent 3 years (2003 – 2006) in Saarbruecken as a postdoctoral researcher at the Max-Planck Institute for Informatics. I truly admire the free, unconditional and highly supportive research atmosphere provided during both these stays that has helped me immensely to become a better researcher.

There are many qualities for which I admire Germany and its people. It is remarkable to see that education is uncommercialised in Germany unlike the rest of the world. Although the impression from the outside is that the people in Germany are dry and less friendly, I have found Germans to be more helpful, tolerant and courteous than any other country I have visited. I have many pleasant memories over the years of my stay where colleagues and even strangers in this country went out of their way to help me. I must say that I didn't have even a single bad experience.

As regards the professional front of my life, I equally enjoy teaching and conducting research. Introducing a new concept to young minds through an interactive session of right questions and answers is indeed very demanding. For effective teaching, one has to fully internalise a concept in order to explain it to a student. This process has helped me many times in formulating new fundamental research problems as well. Therefore, effective teaching helps in research as well.

I have twenty years of experience as a researcher. During this period, I have worked on a variety of problems. The most amazing aspect of research that I have realised based on my experience is that perseverance plays the most important role in each research endeavour. I have found it to be certainly more important than mental sharpness or analytical skills.

I enjoy spending most of my free time with my family – my wife and a three year old son. I am also very fond of nice running treks in the forests of Germany. I enjoy jogging there a lot. Jogging relieves me from the fatigue accumulated during the day. It helps me hone my perseverance physically and mentally as well.

---

# Integrierte Schaltkreise 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.

E-Mail: [Christoph.Scheytt@hni.upb.de](mailto:Christoph.Scheytt@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 63 50



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

---

## Integrated circuits for ultra-fast communication and sensors

---

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

---

Modern nano- and microelectronic technologies enable the combination of complex digital circuits, analogue circuits and novel devices on a single chip. We conduct research on 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 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 Kompetenz der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ liegt im Entwurf von integrierten Schaltungen und Systemen mit ihren verschiedenen Ausprägungen (digital, mixed-signal, analog/RF, Siliziumphotonik) mit den Schwerpunkten Kommunikationstechnik und Sensorik.

Der Fortschritt in der Nano- und 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 andern gelingt es seit einigen Jahren, immer neue Bauelemente auf Siliziumchips zu integrieren, wie z. B. mikromechanische Sensoren, Laser, spezielle Hochfrequenztransistoren, optische Bauelemente und 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.

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ befasst sich mit dem Entwurf integrierter nano- und mikroelektronischer Schaltungen auf den Gebieten der Kommunikation und der Sensorik. Die Forschungsschwerpunkte sind:

### **Integrierte Schaltungen zur leitungsgebundenen digitalen Kommunikation mit hohen Datenraten**

Hohe Datenraten zwischen Chips (Chip-to-Chip-Kommunikation) und in der Glasfaserkommunikation erlauben Übertragungsraten von 10 bis mittlerweile über 400 Gigabit pro Sekunde, was sehr schnelle Schaltungen bei einem sehr niedrigen Energieverbrauch erfordert. Hierfür sind spezielle Schaltungstechniken und digitale Modulationsformate erforderlich. Seit wenigen Jahren können elektronisch-photonische ICs (EPICs) in Silizium realisiert werden. Derartige Chips ermöglichen weit höhere Datenraten als die klassischen CMOS-Technologien, da sie sehr schnelle optische Verbindungen zwischen räumlich getrennten Einheiten ermöglichen wie z. B. zwischen Prozessoren und externem Speicher in einem Rechenzentrum.

### **Integrierte Schaltungen für Funkkommunikation und -sensorik**

Die sehr kleinen Abmessungen moderner Siliziumtransistoren und spezielle Hochfrequenztransistoren erlauben es, dass Siliziumchips auch bei Frequenzen bis über 300 GHz zuverlässig arbeiten. Diese extremen Frequenzen stellen allerdings hohe Anforderungen an den Schaltungsentwurf und die Bauelementemodellierung. Die Einsatzgebiete dieser Chips sind beispielsweise die drahtlose Kommunikation mit sehr hohen Datenraten, Radarsensorik für autonomes Fahren und spektrometriebasierte Sensorik.

Ein wichtiges Ziel in der Funkkommunikation ist die Gewährleistung von möglichst langen Batterielaufzeiten. Dies gilt beispielsweise für ein „zero-power“-Radio, das mit reduziertem Wartungsaufwand seine Energie ausschließlich aus der Umwelt bezieht. Eine solche energieeffiziente und wartungsarme Vernetzung ist eine wichtige Voraussetzung für intelligente IoT-Netzwerke (Internet-of-Things) der Zukunft, so wie sie auch zur Realisierung von Industrie 4.0 benötigt werden.

### **Entwurf integrierter multifunktionaler Systeme**

Die Integration von digitalen Schaltkreisen mit analogen, optischen, sensorischen und anderen Funktionen ermöglicht multifunktionale integrierte Systeme. Im Bereich des Entwurfs digitaler Systeme fokussiert die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ ihre Arbeiten auf RISC-V-basierte Prozessortechnologien in all ihren Varianten, angefangen vom Aufbau und Betrieb virtueller Prototypen bis hin zum Tapeout mit verschiedenen CMOS-Technologien. Aktuelle Entwicklungen basieren auf PULPino-Architekturen der ETH Zürich und der Rocket-CPU der UC Berkeley auf dem Gebiet eingebetteter und sicherheitskritischer Systeme.

---

## Workgroup System and Circuit Technology

---

The ongoing revolutionary progress in nano- and microelectronic technologies is the driving force for the development of new technical products, intelligent systems and innovative applications. Research in the “System and Circuit Technology” workgroup is active in the design of integrated circuits with a focus on communication and sensor technology with all its different aspects (digital, mixed-signal, analogue/RF and silicon photonics).

The progress of nano- and 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, lasers, 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 little power, and a much faster data transmission.

The “System and Circuit Technology” workgroup conducts research in the area of integrated nano-/microelectronic circuits for communication and sensors with a focus on the following topics:

### **Integrated circuits for high data rate wireline 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 400 Gigabit per second. Those high data rates require very fast electronics with ultra low energy consumption, which in turn requires novel approaches in circuit design with appropriate modulation formats. Electronic-photonic ICs (EPICs) based on advanced silicon photonics technologies enable significantly higher data rates compared to classical CMOS technologies for ultra fast optical connections between distributed processors and remote memory units in a data centre, for instance.

### **Integrated circuits for wireless communication and sensors**

The small dimensions of today’s silicon transistors and the availability of special high-frequency transistors account to operating frequencies of up to more than 300 GHz. These 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, radar sensors for autonomous driving as well as spectroscopic sensors.

An important objective in wireless communication is to achieve an as long as possible lifetime of the battery. For example, this is required by a temperature sensor, which reports the radiator temperature to a central wireless metering unit. It is expected that future concepts in wireless communication and ultra-low power wireless radios will enable battery lifetimes of ten years and even longer. Moreover, a “zero-power-radio” could also run on ultra-low power energy harvesting technologies, which takes the energy entirely from the environment. Such interconnected energy-efficient nodes with a minimum of maintenance and energy dissipation are the main building blocks for future intelligent IoT (Internet-of-Things) networks, as they are required to implement “Industrie 4.0”.

### **Design of integrated multi functional systems**

The integration of digital circuits with analogue optical sensing and other functions enables multi-functional integrated systems. For digital circuit design the System and Circuit Technology workgroup focus on different variants of RISC-V based processor platforms. A wide spectrum covers multiple abstraction levels and range from virtual prototyping to chip tapeouts by means of various CMOS standard cell technologies. Current designs are based on the PULPino platform from the ETH Zurich and on the Rocket-CPU from UC Berkeley for embedded and safety critical systems.

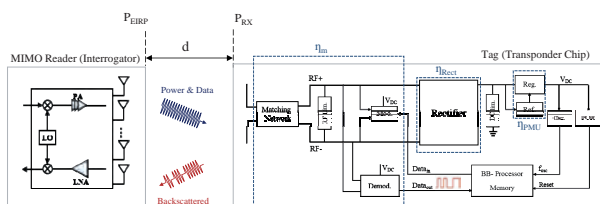
## Nächste Generation von RFID-Systemen

### RFID-Technik für die autonome Prozessoptimierung im Rahmen von Industrie 4.0

Passive RFID-Technologie ist eine vielversprechende Lösung für industrielle Anwendungen, bei denen intelligente Objekte identifiziert, verfolgt, erfasst und Sensordaten aufgezeichnet werden müssen. In der Regel verwendet die RFID-Technologie die Single-Antennen-Technologie. Die Kombination von MIMO-basierter Multi-Antennen-Kommunikation mit RFIDs erlaubt robuste Detektion auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen in Produktionsanlagen.

#### Drahtlose Energiegewinnung im 5,8 GHz ISM-Band

Passive RFID-Transponder werden ausschließlich mit Energie von empfangenen Radiowellen, die von einem Lesegerät in der Nähe des Transponders erzeugt werden, betrieben. Unsere Systemanalyse ergab, dass die geringe verfügbare elektromagnetische Energie aus dem RFID-Lesegerät hohe Anforderungen an die Effizienz der drahtlosen Energiegewinnung stellt und einen möglichst geringen Energieverbrauch der analogen und digitalen Module des RFID-Chips erfordert. Durch innovative Schaltungstopologien und gezielte Optimierung beim Schaltungsentwurf wurden hocheffiziente Energiegewinnungsschaltung sowie eine geringe Leistungsaufnahme von analogen und digitalen Prozessoren realisiert. Zwei passive RFID-Prototypen wurden in einer kommerziellen 65nm-CMOS-Technologie entwickelt und gefertigt. Bei der Messung der Chips wurde eine RFID-Lesereichweite von 1 Meter erreicht, was für praktische Anwendungen ausreichend ist. Die Ergebnisse wurden vor Kurzem auf dem 10th IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA 2019) in Pisa, Italien, vorgestellt.



Schema des passiven MIMO-RFID-Systems  
Schematic of the passive MIMO RFID system

#### Cutting Edge Machining Intelligence Cloud (Cute-Machining)

Seit April 2016 war die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ im Rahmen des Programms Produktion.NRW am Projekt CUTE-MACHINING beteiligt. Ziel des Projekts ist die Erweiterung von Produktionswerkzeugen zu intelligenten Objekten, um Schwankungen der Werkzeuglebensdauer und die Vorhersagbarkeit der Nutzungsdauer von Werkzeugen zu optimieren. Hierfür wurden ein RFID-basiertes Überwachungssystem und

neuartige, sehr kleine RFID-Tags entwickelt. Aus Sicht der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ bestand der entscheidende Erfolgsfaktor des Projekts in einer neuen Generation von hocheffizienten passiven RFID-Tags im Mikrowellenbereich in Kombination mit MIMO-Lesegeräten, die die Werkzeuge zuverlässig identifizieren und eine Cloud-Datenbank (Google für die Industrie) mit den Online-Betriebsdaten versorgen konnten. Das Projekt wurde im März 2019 erfolgreich abgeschlossen. Durch die Entwicklung der hocheffizienten Energiegewinnungsschaltung, mit einem exzellenten Wirkungsgrad von 70 Prozent im Mikrowellenfrequenzbereich (5,8 GHz), und einem MIMO-kompatiblen RFID-System wurde das Projektziel, passives Tracking und Lebensdauer-Optimierung von Werkzeugen, ermöglicht.



Sanaz Haddadian, M.Sc.

E-Mail: Sanaz.Haddadian@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 63 55



Gefördert durch:



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Projektträger: Jülich

Projektpartner: Fraunhofer IMS, CIMSOURCE GmbH, Prometec GmbH, ID4Us GmbH, Sanvik Coromant

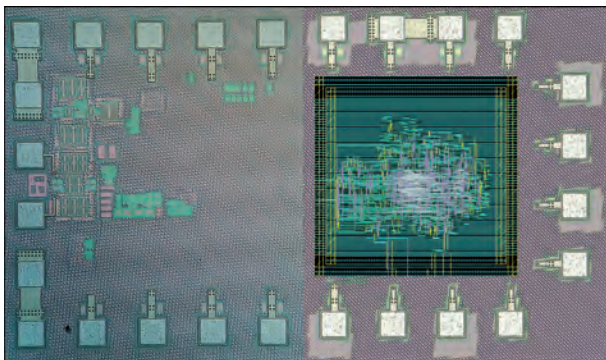
---

## Next generation of radio frequency identification systems

### RFID technology for autonomous process optimisation in the context of “Industrie 4.0”

---

Passive Radio Frequency Identification (RFID) technology is a promising solution for industrial applications where smart objects have to be identified, traced, sensed and communicated with. Traditionally, RFID technology uses single-antenna technology. A combination of MIMO-based multi-antenna communication with RFIDs enables robust detection even under the harsh conditions of manufacturing environments.



Mikrofotografie des RFID-Chips  
Microphotograph of the RFID Chip

#### Wireless energy harvesting at 5.8 GHz ISM band

Passive RFID transponders operate solely by the power harvested from the incident radio waves generated by a reader in the transponder's vicinity. From system level analysis, we concluded that the small available electromagnetic power from the RFID reader would require an energy harvesting unit with extreme high energy efficiency as well as low voltage/low power design techniques for the analogue and digital building blocks of RFID chip. By means of innovative circuit topologies and careful optimisation of the electronic design, the high efficiency of the harvesting unit as well as ultra-low power dissipation of the analogue and digital processing units were achieved.

Two prototypes of the fully-passive RFID tag chip have been designed and fabricated in a commercial 65 nm CMOS technology. In the successful measurements of the chips, an RFID reading range of 1 metre was achieved. The results were recently presented in the 10th IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA 2019) in Pisa, Italy.

#### Cutting edge machining intelligence cloud (Cute-Machining)

Since April 2016, the “System and Circuit Technology” workgroup was involved in the CUTE-MACHINING project, under the framework of the programme Produktion.NRW. With the aim of

the optimisation of manufacturing processes by empowering the machining tools as “Smart Objects”, the long-known problem of tool life fluctuations and the lack of predictability of tool life was addressed using an RFID-based tool monitoring systems. The key to the success of the project from the perspective of the “System and Circuit Technology” workgroup, was the new generation of high efficiency passive RFID tags working in microwave range in combination with MIMO readers, which could identify the tools reliably, and feed a cloud database (“Google for the Industry”) with the online operating data. The project was successfully completed in March 2019. Compatibility with the MIMO reader technology and possibility of passively tracking small objects has been achieved by designing the high efficiency Energy Harvesting block (~70 per cent of DC to RF power conversion efficiency) at microwave frequency range (5.8 GHz).



Sanaz Haddadian, M.Sc.  
E-mail: Sanaz.Haddadian@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 55



Supported by:



EUROPEAN UNION  
Investing in our Future  
European Regional  
Development Fund

Project management: Jülich

Project partners: Fraunhofer IMS, CIMSOURCE GmbH, Prometec GmbH, ID4Us GmbH, Sanvik Coromant

---

## RISC-V als Forschungs- und Entwicklungsplattform

### Eine quelloffene Prozessorarchitektur in der Anwendung

RISC-V bezeichnet die neueste Generation von RISC-basierten (Reduced Instruction Set Computer) Prozessoren, welche 2010 als quelloffene und lizenzfreie Befehlssatzarchitektur (engl.: Instruction Set Architecture – ISA) der UC Berkeley, USA, eingeführt wurde. Seit 2017 betreibt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ im Bereich des Entwurfs digitaler Systeme aktiv eine Ausrichtung auf RISC-V-Prozessoren in Forschung und Lehre.

#### RISC-V im Einsatz

Die quelloffene freie Verfügbarkeit von RISC-V beschränkt sich nicht nur auf die Dokumentation des Befehlssatzes, sondern auch auf eine mittlerweile breite Palette von Hardwaremodellen und Entwicklungswerkzeugen. Quelloffene Compiler sind für die GNU- und die LLVM-basierte Werkzeugkette verfügbar und verschiedene Varianten RISC-V-basierter Hardwaremodelle wie z. B. PULPino (ETH Zürich/Universität Bologna) und Rocket (UC Berkeley) konnten ihre Synthetisierbarkeit in der Chipfertigung unter Verwendung diverser CMOS-Prozesstechnologien unter Beweis stellen.

QEMU ist eine der weitverbreitetsten frei verfügbaren und quelloffenen CPU-Emulatoren zum Aufbau von sog. virtuellen Prototypen, dessen TriCore™-Emulation von der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ bereits vor einigen Jahren implementiert und veröffentlicht wurde. Seit 2017 ist die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ gemeinsam mit der UC Berkeley, SiFive und Western Digital auch Maintainer der RISC-V-Implementierung, welche erstmalig 2017 mit QEMU 2.0 veröffentlicht wurde. Anfang 2019 wurde diese Implementierung von der Fachgruppe erfolgreich auf abstrakte ISA-Spezifikation, sog. Decode-Trees, zur einfachen Konfiguration von Teilkonfigurationen umgestellt. Parallel hierzu werden von der Fachgruppe Forschungen zur schnellen dynamischen Analyse nicht-funktionaler Eigenschaften durchgeführt. Diese basieren auf der neuen QEMU-Plug-In-Schnittstelle, die Steuerung und Nachverfolgung von Ausführungsabläufen von binärer Software erlaubt.

#### RISC-V-Prozessoren

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ entwickelte im letzten Jahr eine RISC-V-Befehlsatzweiterung für sog. Bit Manipulationsinstruktionen (BMIs), deren Hardwarearchitektur auf Basis der Rocket-CPU für Xilinx FPGAs synthetisiert wurde. Die Universität Tampere, Finnland, konnte zeigen, dass mit dieser Erweiterung auch deutliche Beschleunigungen für KI-Algorithmen erreicht werden können. 2019 führte die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ zum ersten Mal eine Chipfertigung eines RISC-V-Prozessors auf Basis des Mico-RI5CY mit TSMC 65nm



**Dr. Wolfgang Müller**

E-Mail: wmueller@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 63 52

CMOS-Technologie durch. Für die kommenden Jahre sind weitere Entwicklungen mit Micro-RI5CY und Rocket-CPU mit 22nm CMOS-Technologie geplant, von denen die praktische Ausbildung für den Entwurf digitaler Systeme profitieren wird. Weitere Entwicklungen werden Mehrkern-Architekturen im Bereich sicherheitskritischer Systeme, wie z. B. verschiedene Lock-Step-Varianten, untersuchen.

#### Förderprojekte

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ wird seit 2017 im Bereich RISC-V vom Bundesministerium für Forschung und Technologie durch zwei Verbundprojekte, die beide von der Infineon Technologies AG geleitet werden, gefördert. Im COMPACT-Projekt (Cost-Efficient Smart System Software Synthesis) fokussieren sich die Arbeiten der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ auf die Entwicklung einer konfigurierbaren Plattform zur Ausführung kompilierter eingebetteter Software für RISC-V-Prozessoren. Auf Basis des QEMU CPU-Emulators wird hier eine parametrisierbare virtuelle Prototyping-Plattform zur schnellen Analyse nicht-funktionaler Eigenschaften entwickelt. Das SAFE4I-Projekt (Sicherer Automatischer Entwurf für Industrieanlagen) erforscht Automatisierungslösungen zur Integration von Sicherheitsmaßnahmen wie z. B. Doppelt- oder Dreifachredundanzen in eingebettete Software. Hier entwickelt die Fachgruppe verschiedene Hardware- und Softwareausprägungen zur Validierung und Demonstration der Projektergebnisse, wie z. B. parametrisierbare Plattformen zur RISC-V-basierten Fehlerinjektion.

---

## RISC-V for research and development



### An open source processor architecture for different applications

---

RISC-V stands for the latest generation of RISC-based (Reduced Instruction Set Computer) processors that were introduced in 2010 as an open source, licence-free Instruction Set Architecture (ISA) from UC Berkeley, USA. Since 2017, the “System and Circuits Technology” workgroup is focusing on RISC-V processors in research and teaching in the field of digital system design.

#### RISC-V in application

The free open source availability of RISC-V is not only limited to the documentation of the instruction set, but also covers a wide range of hardware models and development tools. Open source compilers are available for the GNU- and LLVM-based tool chain and different variants of RISC-V-based hardware models such as PULPino (ETH Zurich/University of Bologna) and Rocket (UC Berkeley) have proved their synthesizability in chip production using various CMOS process technologies.

QEMU is one of the most widely used freely available open source CPU emulators for the implementation of so-called virtual prototypes, whose TriCore™ emulation was already implemented and published some years ago by the “System and Circuits Technology” workgroup. Since 2017, the “System and Circuits Technology” workgroup, together with UC Berkeley, SiFive and Western Digital, has also been a maintainer of the RISC-V implementation, which was first published in 2017 with the outcome of QEMU 2.0. At the beginning of 2019, this implementation was successfully reimplemented by our workgroup to abstract ISA specification, so-called decode trees, for the simple configuration of sub-configurations. In parallel, our workgroup is conducting research in the area of fast dynamic analysis of non-functional properties. These are mainly based on the new QEMU plug-in interface, which enables the control and tracking of the execution of binary software.

#### RISC-V processors

During the last year, the “System and Circuits Technology” workgroup developed a RISC-V instruction set extension for so-called bit manipulation instructions (BMIs) whose hardware architecture was synthesised on the basis of the Rocket CPU for Xilinx FPGAs. The University of Tampere, Finland, was able to show that this extension can achieve significant accelerations for AI algorithms. Moreover, in 2019, the “System and Circuits Technology” workgroup carried out a first tapeout of a RISC-V processor based on the Mico-RISCY with 65nm CMOS technology. Further developments with Micro-RISCY and Rocket-CPU with 22nm CMOS technology are planned for the coming years,

from which the education for the digital systems designs will greatly benefit. Further developments will investigate multi-core architectures in the area of safety-critical systems, such as different lock-step variants.

#### Funded projects

Since 2017, the “System and Circuits Technology” workgroup has been funded in this area by the Federal Ministry of Research and Technology (Bundesministerium für Forschung und Technologie – BMBF) through two projects, both of which are led by Infineon Technologies AG. In the COMPACT project (Cost-Efficient Smart System Software Synthesis), the work of the “System and Circuits Technology” workgroup focuses on the development of a configurable platform for the execution of compiled embedded software for RISC-V processors. Based on the QEMU CPU emulator, a parameterisable virtual prototyping platform for fast analysis of non-functional properties is developed. The SAFE4I project (Safe Automatic Design for Industrial Plants) investigates automation solutions for the integration of security measures such as double or triple mode redundancies in embedded software. Here, our workgroup develops different hardware and software versions for validation and demonstration of the project results, e. g. parameterisable platforms for RISC-V-based fault injection.



**Dr. Wolfgang Müller**

E-mail: [wmueller@hni.upb.de](mailto:wmueller@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 63 52

---

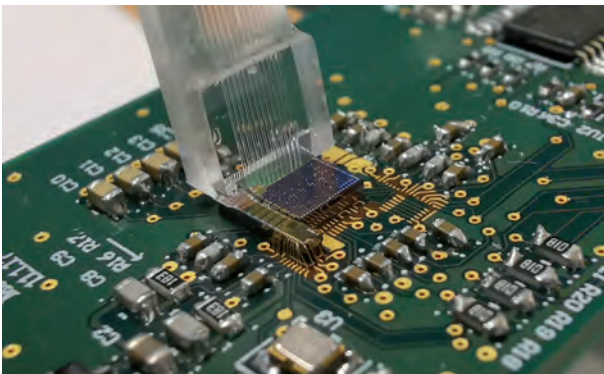
## Siliziumphotonik für die schnelle Datenkommunikation

### Eine neue Generation von Chips für Rechenzentren

In heutigen Rechenzentren spielt die optische Kommunikation eine entscheidende Rolle. Mit zunehmender Datenrate steigt die Anzahl der optischen Verbindungen immer weiter. Gleichzeitig müssen jedoch Kosten, Verlustleistung und Baugröße der Komponenten sinken. Neue Halbleitertechnologien, wie die Silizium-Photonik-Technologie, sowie innovative Sender- und Empfängerschaltungen sind entscheidend, um diese Ziele zu erreichen.

#### Das SPEED-Projekt

Im BMBF-Projekt SPEED (Silicon Photonics Enabling Exascale Data Networks) hat ein Konsortium von 10 industriellen und akademischen Partnern neuartige faseroptische Kommunikationsverbindungen für Rechenzentren auf Basis fortschrittlicher Silizium-Photonik-Technologien erforscht. In diesem Jahr ist das BMBF-Projekt SPEED zu Ende gegangen. Das Abschlusstreffen der Projektpartner fand Ende Oktober 2019 statt. Im Mittelpunkt des Treffens stand der Status des Hauptprojektziels: 100 (=4 x 25) und 400 (=4 x 100) Gbit/s Silizium-Photonik-Transceiver für die Glasfaserkommunikation mit Reichweiten bis 2 km. Prototypen solcher Systeme wurden von den Projektpartnern im Abschlusstreffen vorgestellt und dem BMBF vorgeführt.



Mikrofotografie des 4 x 25 Gb/s optoelektronischen Empfängers  
Microphotograph of the 4x25 Gb/s Optoelectronic Receiver

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ des Heinz Nixdorf Instituts entwickelte in Zusammenarbeit mit der Firma Sicoya GmbH in Berlin und dem IHP Leibniz-Institut für Hochleistungs-Mikroelektronik in Frankfurt (Oder) ultraschnelle Empfängerschaltungen in hochmodernen Silizium-Photonik-Technologien. Es wurden verschiedene optoelektronische Empfängerchips für 25 Gb/s, 4 x 25 und 56 Gb/s sowie 56 GBaud PAM4 entwickelt. Zusätzlich zu den Silizium-Photonik-Empfängerchips wurde eine Takt- und Datenrückgewinnungsschaltung (engl. Clock and Data Recovery, CDR) für 28 Gb/s entwickelt, die zur Nachbearbeitung des Signals des optischen Empfängers dient.

Als Ergebnis dieser Zusammenarbeit hat die Universität Paderborn eine Patentanmeldung für eine neuartige Eingangsstufenarchitektur eingereicht und fünf Publikationen in hochrangigen Zeitschriften und Konferenzen veröffentlicht, darunter die Optical Fiber Conference (OFC) in San Diego, die Group IV Photonics Conference in Shanghai und das IEEE Journal of Lightwave Technology. Eine weitere Veröffentlichung über das 28Gb/s CDR-System wird auf der renommierten Konferenz Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (IEEE SiRF) 2020 präsentiert. Unser Partner Sicoya hat das Patent von der Universität Paderborn erworben und verwendet es im finalen System-Demonstrator.



**Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt**

E-Mail: [Christoph.Scheytt@hni.upb.de](mailto:Christoph.Scheytt@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 63 50



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung

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

---

## Silicon photonics for ultra-fast communication

### Next generation chips for data centre applications

---

Optical communications plays a crucial role in today's data centres. As data rates increase, ever higher numbers of optical communication links are being utilised and, at the same time, their cost, power dissipation and size have to decrease. Silicon photonics technology as well as innovative transmitter and receiver circuits will be crucial to achieve these goals.

#### The SPEED project

In the BMBF project SPEED (Silicon Photonics Enabling Exa-scale Data networks) a consortium of 10 industrial and academic partners has developed novel fibre-optic communication links for data centres based on advanced silicon photonics technologies. In this year, the BMBF project SPEED has come to an end. The final meeting of the project partners was held in late October 2019. The focus of the meeting was on the status of the main project target – 100 (4x25) and 400 (4x100) Gbit/s silicon photonics transceivers for fibre-optic communications up to 2 km range. Prototypes of such systems were demonstrated by the project partners and presented to the BMBF.

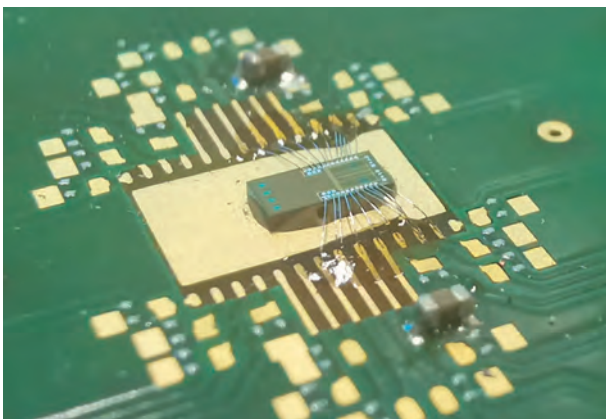


Foto des gebondeten 56 GBaud Silizium-Photonik-Chips  
Photo of the bonded 56 GBaud silicon photonics chip

The “System and Circuits Technology” workgroup worked on ultrafast receiver circuits in silicon photonics technology in cooperation with the company Sicoya GmbH in Berlin and IHP Leibniz Institute for High-performance Microelectronics in Frankfurt (Oder). Various direct-detection receiver chips for 25 Gb/s, 4x25, and 56 Gb/s, as well as 56 GBaud PAM4 were developed. In addition to the silicon photonics receiver chips, a clock and data recovery circuit (CDR) for 28 Gb/s was developed which is used for the post-processing of the received optical signal.

As a result of this collaboration, University of Paderborn has filed a patent application for a novel input stage architecture and made 5 publications in highly ranked journals and conferences, amongst which are Optical Fiber Conference (OFC) in San Diego, Group IV Photonics Conference in Shanghai, and the IEEE Journal of Lightwave Technology. Another publication about the 28Gbps CDR system is accepted for presentation at 2020 Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (IEEE SiRF) conference. Our partner Sicoya purchased the patent from Paderborn University and uses it in the final system prototype.



**Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt**

E-mail: [Christoph.Scheytt@hni.upb.de](mailto:Christoph.Scheytt@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 63 50



Supported by: Federal Ministry of Education and Research

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

---





Jeder Tag könnte der Tag sein, an dem wir etwas Neues entwickeln.



Every day could be the day when we develop something new.



---

## Maxim Weizel

M.Sc.  
Schaltungstechnik

---

Seit Juni 2019 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ bei Professor Christoph Scheytt. Schon früh interessierte ich mich für Technik und die Funktionsweise vor allem elektronischer Geräte. Begeistert sah ich als Kind meinem Großvater zu, wie er unseren Röhrenfernseher, die Waschmaschine und diverse andere Geräte reparierte. Mich faszinierte, wie diese Tausenden Komponenten zusammen eine sinnvolle Funktion ergaben. Einige Jahre später folgten auch meine eigenen Reparaturversuche, die allerdings nicht von besonderem Erfolg gekrönt waren. Doch das Interesse war einfach, und so entschloss ich mich nach meinem Abitur für ein Studium der Elektrotechnik an der Universität Paderborn.

Während meines Studiums interessierte ich mich vor allem für die Nachrichtentechnik und natürlich die Schaltungstechnik. Meine Masterarbeit schrieb ich dann auch in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ im Bereich Siliziumphotonik. Die Siliziumphotonik ermöglicht die Integration von optischen und elektronischen Bauelementen zusammen auf einem Mikrochip. Hier vereinigen sich viele meiner Interessen: integrierte Schaltungen, Optik und Kommunikationstechnik. In meiner Forschung geht es um den Entwurf und die Implementierung extrem schneller, hochauflösender und optisch unterstützter Analog-zu-Digital-Wandler für den Einsatz in Hightech-Labor-Messinstrumenten. Doch durch den in Zukunft weiter fallenden Preis der Siliziumphotonik-Technologie wird diese auch für den Einsatz in kommerziellen Sendern/Empfängern immer interessanter, vor allem durch die immer größer werdende Menge an Daten durch IoT-Geräte, autonomes Fahren usw. Ich finde es spannend, in einem Beruf zu arbeiten, in dem sich über die Jahre viel wandelt und immer neue Innovationen entstehen.

Neben meiner Forschung gehe ich regelmäßig in das Paderborner Schwimmbad „Schwimmoper“. Nur das Rauschen des Wassers, die Kacheln und ich. Dabei kann ich gut abschalten, an nichts denken und einfach schwimmen. Außerdem spiele ich in meiner Freizeit gerne Klavier. Es macht Spaß, ein neues Stück einzuüben und den Erfolg direkt zu hören. Nebenbei bemerkt, sind meine Reparaturversuche auch immer öfter erfolgreich.

---

## Maxim Weizel

M.Sc.  
System and Circuit Technology

---

Since June 2019, I have been a research assistant in the “Circuit and Systems Technology” workgroup of Professor Christoph Scheytt. Early on, I was interested in technology and the functionality of electronic devices. As a child, I watched my grandfather repair our tube TV, washing machine and various other devices. I was fascinated by how these thousands of components together create a meaningful functionality. A few years later, my own repair attempts followed, but they were not particularly successful. Still, the interest was sparked and so I decided to study electrical engineering at the Paderborn University after high school graduation.

During my studies, I was mainly interested in communication engineering and, of course, circuit technology. I then wrote my master's thesis at the “Circuit and Systems Technology” workgroup in the field of silicon photonics. Silicon photonics enables the integration of optical and electronic components together on a single microchip. Many of my interests unite here: integrated circuits, optics and communication technology. My research goal is the design and implementation of extremely fast, high-resolution and optically assisted analog-to-digital converters for use in high-tech laboratory measuring instruments. However, due to the further falling price of silicon photonics technology in the future, it will also become more and more interesting for use in commercial transmitters/receivers, especially due to the ever-increasing amount of data, e.g. from IoT devices, autonomous driving, etc. I find it exciting to work in a profession in which a lot has changed over the years and new innovations are constantly being created.

Besides my research, I regularly go to the public swimming pool “Schwimmoper” in Paderborn. Just the sound of the water, the tiles and me. I can switch off, think of nothing and just keep swimming. I also enjoy playing the piano in my free time. It is fun to practise a new piece and to hear the success directly. By the way, my repair attempts are also becoming more and more successful.

# 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 52 51 | 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 52 51 | 60 62 76



[www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics](http://www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics)

 **acatech**

MEMBER OF GERMAN ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING

/Marketing  
/Publicity  
/Promotion  
/Research  
/Business  
/Development  
/Engineering  
/Manufacturing  
/Planning

/Administration  
/Human Resources  
/Legal  
/Accounting  
/Finance  
/Marketing  
/Publicity

---

## Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik

---

Die Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ befasst sich schwerpunktmäßig mit innovativen Methoden zum Entwurf von Regelungen und deren Anwendung sowie mit Fragen der Entwurfsmethodik für mechatronische Systeme. Eine Herausforderung liegt in der zunehmenden Vernetzung der betrachteten Systeme, die durch die digitale Transformation rasant befördert wird.

### **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 bei der prädiktiven Regelung der Prozessqualität. 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. Wird die Zielgewichtung im Betrieb variiert, sprechen wir von selbstoptimierenden Systemen.

### **Lernende Verfahren**

Sind die Wirkzusammenhänge für eine physikalische Modellierung zu komplex, setzen wir datenbasierte und lernende Verfahren (machine learning) ein. Unsere Forschungsfragen hierbei liegen in der geeigneten Zusammenführung von Modellwissen und erlerntem, auf Datenanalyse beruhendem Wissen.

---

## 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 for predictive quality. 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 various aspects, e. g. dynamic behaviour (in control engineering), shape (CADmodel), or an FE model to compute force-induced stress. We are working on methods that aim to give the models a certain consistency, for example, by means of the index reduction method. An important application of modelling methods is the design of mechatronic systems. Following the 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. In the case of varying weights of the criteria, we speak of self-optimising systems.

### **Learning systems**

If physical modelling of the dynamic behaviour is too complex, we also use techniques of machine learning and data-based methods. Our research challenge lies here in an appropriate combination of model-based and data-based knowledge.

## Smart Headlamp Technology (SHT)

### Simulationsbasierte Entwicklung von Lichtfunktionen für Matrix-Scheinwerfersysteme

Mit der Einführung von Matrix-Systemen in der Automobilindustrie hat sich die Funktionsweise von Scheinwerfersystemen grundlegend verändert. Während bis vor wenigen Jahren Lichtquelle und Lichtfunktion direkt gekoppelt waren, sind heute unzählige Lichtfunktionen durch das situationsadaptierte Bestromen der einzelnen Matrix-Lichtquellen möglich. Mit dem gewonnenen Potenzial steigt jedoch auch der Entwicklungsaufwand.

Abseits der Simulation werden Scheinwerfer zum einen durch statische Tests im Lichtkanal und zum anderen durch reale Nachtfahrten mit Versuchsträgern erprobt. Durch die engen Zeitfenster, die unkontrollierbaren Wetterverhältnisse und die stetig zunehmende Dynamik und Situationsadaptivität moderner Lichtfunktionen entwickeln sich diese Validierungsmöglichkeiten zu erheblichen Zeit- und Kostentreibern. Deshalb wird insbesondere in frühen Phasen der Entwicklung verstärkt auf simulative Methoden gesetzt. Die echtzeitfähige Simulation von Matrix-Scheinwerfern konnte im vergangenen Jahr von uns gelöst werden. Damit haben wir den Zugang von Matrix-Systemen in die Fahrsimulation gelegt.

#### Architektur

Das Bild zeigt die Architektur der am HNI implementierten Fahrsimulation für Matrix-Systeme. Zur maximalen Funktionsabsicherung wird das Scheinwerfer-Steuergerät im Hardware-in-the-Loop-Betrieb eingebunden. Es erhält während der Simulation alle notwendigen Sensorsignale und berechnet mit einer Taktung von 50 Hz die zur aktuellen Situation passende Lichtverteilung in Form von Bestromungswerten der einzelnen Lichtquellen beider Scheinwerfer. Als Anwendungsbeispiel verwenden wir im Projekt SHT ein HD84-Matrix-LED-System der Firma HELLA KGaA, sodass es sich hierbei um ca. 200 Werte für das Scheinwerferpaar handelt. Als Plattform wird der ATMOS-Fahrsimulator des Heinz Nixdorf Instituts verwendet.

#### Visualisierung und Analyse

Der inhaltliche Kern der Arbeiten liegt in der Visualisierung. Zur korrekten Darstellung der Szene unter Berücksichtigung der Lichteinflüsse durch das Scheinwerfersystem müssen in jedem Takt große Datenmengen verarbeitet werden. Für jede Einzellichtquelle beider Scheinwerfer liegen Lichtverteilungen bei voller Bestromung als Berechnungsgrundlage vor. Diese hochaufgelösten Einzellichtverteilungen gilt es entsprechend der vorliegenden Bestromungswerte zu einer Gesamtlichtverteilung pro Scheinwerfer zu integrieren. Durch die hochgradig parallelisierte Berechnung auf dem Grafikprozessor ist es gelungen, diese Datenflut abzuarbeiten. Anschließend kann auf Basis

der Gesamtlichtverteilungen und eines eigenen Ausleuchtungsalgorithmus (Shader) die Szene in Echtzeit gerendert werden. Neben der normalen Szenenansicht haben wir verschiedene Analysesichten, wie z. B. die Visualisierung photometrischer Größen, realisiert.

#### Design

Die besondere Stärke der simulationsgestützten Entwicklung sind die beliebige und reproduzierbare Generierung von Fahrscenarien sowie die unmittelbare Anpassbarkeit der Lichtsteueralgorithmen. Um die Auslegung neuer Lichtfunktionen möglichst intuitiv zu gestalten, haben wir einen WYSIWYG-Editor („What you see is what you get!“) implementiert, mit dem die vorliegende Lichtverteilung durch grafische Eingabelemente direkt in der simulierten Szene angepasst werden kann. Jüngst sind wir noch einen Schritt weiter gegangen und lassen diese Anpassung nicht vom Entwickler, sondern automatisiert vornehmen, um Datenpaare von Fahrsituationen und passenden Lichtverteilungen zu erhalten, die schließlich durch KI-basierte Ansätze gelernt und recheneffizient auf das Steuergerät übertragen werden können.



Nico Rüdtenklau, M.Sc.

E-Mail: Nico.Ruedtenklau@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 63 18



Gefördert durch:



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

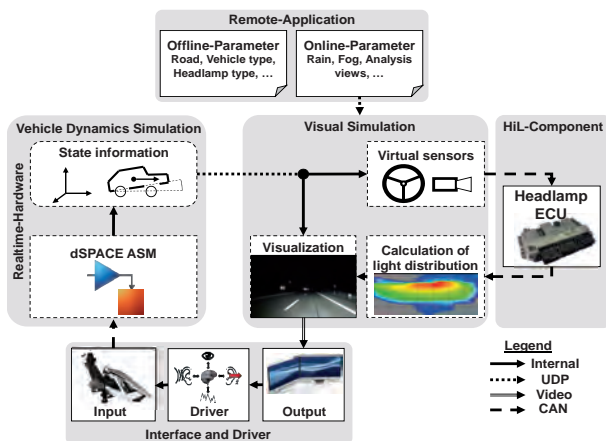
Projektpartner: HELLA GmbH & Co. KGaA, Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, Technische Universität Dortmund

## Smart Headlamp Technology (SHT)

### Simulation-Based development of lighting functions for matrix headlamp systems

The introduction of matrix systems in the automotive industry has fundamentally changed the way headlamp systems work. Until just a few years ago, light sources and light functions were directly coupled, but today, countless light functions are possible through the situation-adapted energisation of the individual matrix light sources. With the gained potential, however, the development effort also increases.

Apart from simulation, headlamps are tested by static tests in the light channel and by real night drives with test vehicles. Due to the narrow time windows, uncontrollable weather conditions and the constantly increasing dynamics and situational adaptivity of modern light functions, these validation options are developing into considerable time and cost factors. For this reason, simulative methods are increasingly used, especially in the early phases of development. The real-time simulation of matrix headlamps was solved last year. We have put the access of matrix systems into driving simulation.



Simulationsbasierte Entwicklung von Lichtfunktionen für Matrix-Scheinwerfersysteme  
Hardware-in-the-Loop Simulation of a Matrix Headlamp ECU

### Architecture

The figure shows the architecture of the driving simulation for matrix systems implemented at our Institute. The headlamp control unit is integrated in hardware-in-the-loop operation for maximal function safety. It receives the sensor signals during the simulation and calculates the light distribution suitable for the current situation with a clock rate of 50Hz in the form of current values for the individual light sources of both headlamps. As an application example, we use an HD84 matrix LED system from HELLA KGaA, so that there are approx. 200 values for the headlight pair. The ATMOS driving simulator is used as a platform.

### Visualisation and analysis

The focus of the work is on visualisation. For the correct representation of the scene, taking into account the light influences of the headlamp system, large amounts of data must be processed in each cycle. For each individual light source of both headlamps, light distributions with full power supply are available as a basis for calculation. These high-resolution individual light distributions must be integrated into a total light distribution per headlamp in accordance with the current values available. Thanks to the highly parallel calculation on the graphics processor, it has been possible to process this flood of data in a reasonable amount of time. The scene can then be rendered on the basis of the total light distributions and a custom light algorithm (shader) in real time. In addition to the normal scene view, we have realised various analysis views, such as the visualisation of photometric quantities.

### Design

The particular strength of simulation-based development is the arbitrary and reproducible generation of driving scenarios and the immediate adaptivity of light control algorithms. In order to make the design of new light functions as intuitive as possible, we have implemented a WYSIWYG editor ("What you see is what you get!") with which the existing light distribution can be adjusted directly in the simulated scene using graphical input elements.



Nico Rüdtenklau, M.Sc.  
E-mail: Nico.Ruedtenklau@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 18



Supported by:



Project partners: HELLA GmbH & Co. KGaA, Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM, TU Dortmund University



## Entwicklung eines Leitstandsystems mit Cloud-Anbindung für die Kleingebäcksproduktion (SensoBack)

Um Ressourcenverluste infolge schwankender Rohstoffeigenschaften zu reduzieren, wird im SensoBack-Projekt eine Produktionsanlage für Kleingebäck um intelligente Sensoren erweitert. Mithilfe der neuen Sensoren wird ein „Cloud-basierter virtueller Backmeister“ die Prozessparameter anpassen. Mittels Cloud-Anbindung werden Produktionsanlagen und Bäckereikassensysteme miteinander vernetzt.

### Prozesssteuerung

Eines der Ziele im SensoBack-Projekt ist die Verbesserung der Ressourcenausnutzung bei gleichzeitiger Optimierung der Produktqualität bei Brötchenbackanlagen. Hierzu wird ein intelligentes Sensorsystem für die Produktionsanlage entwickelt, welches an mehreren Stellen die für die Qualitätsprüfung erforderlichen Daten wie Gewicht, Form, Aussehen und Hygienestatus erfassen soll. Mithilfe dieser Messgrößen soll anschließend eine Prozesssteuerung entwickelt werden, welche die Prozessparameter geeignet an die wechselnden Mehleigenschaften und Umgebungsbedingungen anpasst sowie den Bediener mit Handlungsvorschlägen unterstützt. Als zweites Ziel soll die Prozesssteuerung die Teiglinge, welche die Qualitätsanforderungen nicht erfüllen, zur Wiederaufbereitung ausschleusen. Die fortlaufenden Produktdaten sollen in einer Cloud gespeichert und analysiert werden.

### Produktionsplanung

Zur Planung der Produktionsmengen wird heute auf die Netto-Bedarfsmenge ein Sicherheitsfaktor geschlagen, sodass es ständig zu einer Überproduktion von ca. 10 Prozent kommt. Um diese Überproduktion zu reduzieren, werden die Kassensysteme der Bäckereifilialen und die Produktionsanlagen mit einem „Cloud-basierten virtuellen Backmeister“ vernetzt. Dies dient dazu, die Brutto-Bedarfsmenge genauer zu berechnen und so die Überproduktion zu verringern.

### Demonstrator-Anlage

In der letzten Projektphase sollen alle entwickelten Systeme prototypisch in eine Demonstrator-Anlage der Firma WP Kemper integriert werden. Im realen Backbetrieb können die Systeme dann validiert und optimiert werden.



**Nikolai Fast, M.Sc.**

E-Mail: Nikolai.Fast@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 63 07



**Dr.-Ing. Viktor Just**

E-Mail: Viktor.Just@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 69



Gefördert durch:



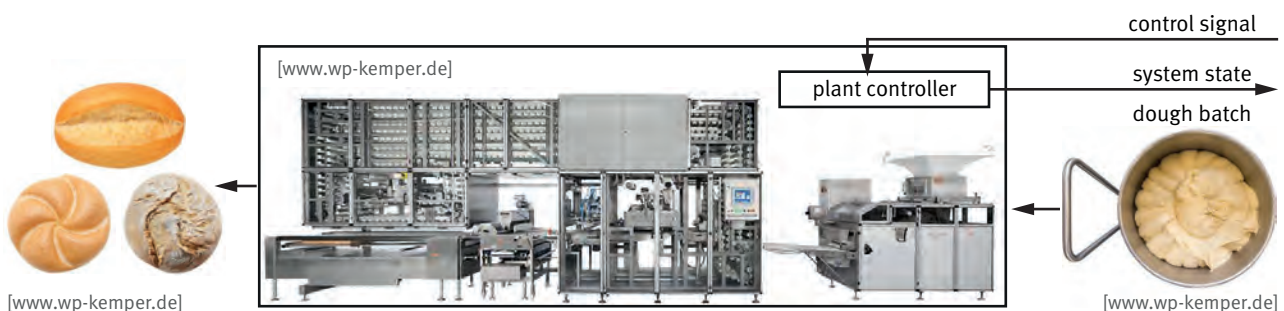
**EFRE.NRW**  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



**EUROPÄISCHE UNION**  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Projekträger: Jülich (Pt)

Projektpartner: WP Kemper GmbH, myview systems GmbH, CLK GmbH, Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM



Konventionelle Brötchenanlage der WP Kemper GmbH  
Conventional production plant for small baked goods by WP Kemper GmbH

## Development of a control centre system with a cloud connection for the production of small baked goods (SensoBack)

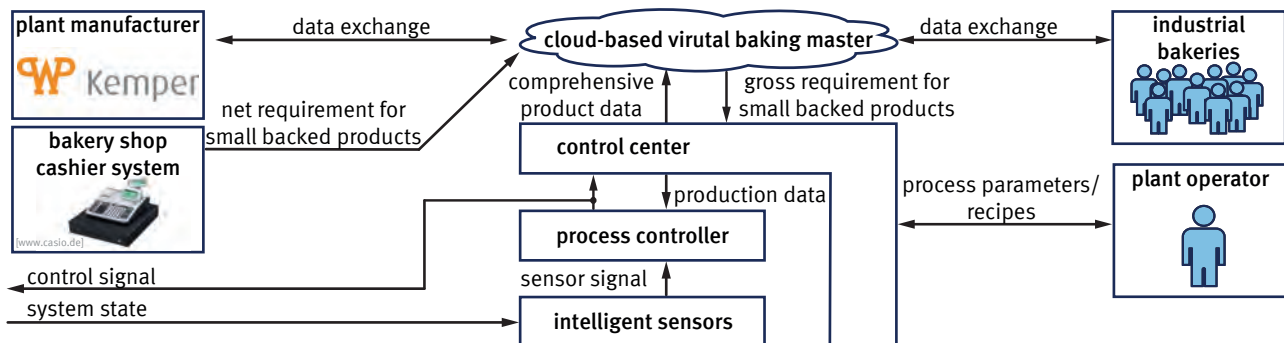
To reduce resource losses due to fluctuating ingredient properties, the SensoBack project adds intelligent sensors to a production plant for small baked goods. With help of the new sensors, a “cloud-based virtual baking master” will adapt the process parameters. Production plants and bakery cash register systems are networked with the use of cloud connections.

### Process control

One goal of the SensoBack project is to improve resource efficiency while optimising product quality. For this purpose, an intelligent sensor system will be developed for the production plant, which will measure quality relevant properties like weight, shape, appearance and hygiene condition at several points in the manufacturing process. Using these measured

### Demonstrator system

During the final project phase, all developed prototype systems will be integrated into a WP Kemper demonstrator system. Then, the systems can be validated and optimised in real baking operation.




Erweiterung der konventionellen Steuerung einer Brötchenanlage um einen „cloudbasierten virtuellen Backmeister“  
Enhancement of the bread making plant controller using a “cloud-based virtual baking master”

values, a process control system will be developed which adapts the process parameters appropriately to the changing flour properties and ambient conditions and supports the operator with recommendations for proper handling. As a second goal, the process control system should discharge the dough pieces that do not meet the quality requirements for reprocessing. The continuous product data will be stored and analysed in a cloud.

### Production planning

In today’s production quantity planning, a safety factor is applied to the net requirement quantity, resulting in a constant overproduction of approx. 10 per cent. To reduce this overproduction, the cash register systems of the bakery stores and the production facilities are networked with a “cloud-based virtual baking master”. This serves to calculate the required gross quantity more precisely and thus reduce overproduction.

 Nikolai Fast, M.Sc.  
E-mail: Nikolai.Fast@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 07

 Dr.-Ing. Viktor Just  
E-mail: Viktor.Just@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 69

 Supported by:



Project management: Jülich (Pt)

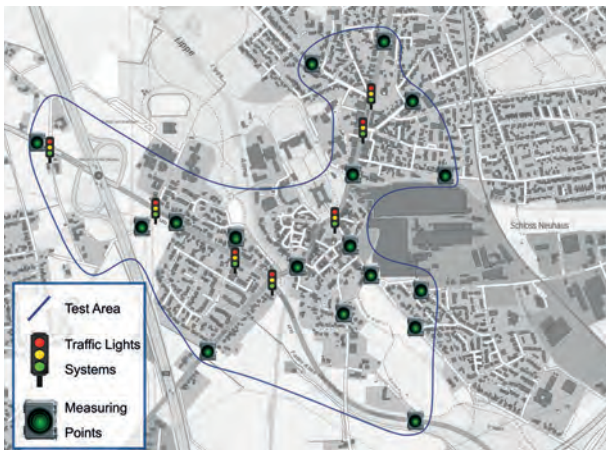
Project partners: WP Kemper GmbH, myview systems GmbH, CLK GmbH, Fraunhofer IEM

## Pilotprojekt Schlosskreuzung

### Intelligente Verkehrsflussoptimierung zur Emissions- und Wartezeitreduktion

Der Einsatz neuartiger Verkehrssteuerungskonzepte soll den derzeitigen Problemen in Form von Verzögerungen und Staus in Kreuzungsbereichen des innerstädtischen Verkehrs entgegenwirken. Zentraler Projektinhalt ist dabei die Entwicklung eines Algorithmus, der die Schaltungslogik der Lichtsignalanlagen (LSA) in Schloß Neuhaus festlegen soll sowie die Übertragbarkeit auf andere Regionen gewährleistet.

Stockender Verkehr und Staus an Kreuzungen sind ein Hauptgrund für Emissionen im Stadtverkehr. Die Verstetigung des innerstädtischen Verkehrs durch eine adaptive Verkehrssteuerung bietet im Gegensatz zu lokalen Fahrverboten eine realistische und angenehme Möglichkeit, diesem Problem entgegenzuwirken. Diese Verstetigung soll im Pilotprojekt Schlosskreuzung durch den Ansatz einer intelligenten Verkehrsregelung erreicht werden. Das Projekt wird im Rahmen der Förderung von digitalen Modellregionen in NRW mit insgesamt 1,7 Millionen Euro vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation,



Bilanzraum Schloß Neuhaus inklusive LSA und Messtellen  
Test area of Schloß Neuhaus including TLS and measuring points

Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen unterstützt. Die Laufzeit beträgt drei Jahre, in denen anhand eines mit realen Verkehrsdaten validierten Simulationsmodells in der Umgebung der Schlosskreuzung eine optimale Verkehrsflussregelung entwickelt und auch in der Praxis erprobt werden soll. Um diese Aufgabe umzusetzen, muss die bisher vorhandene Verkehrsinfrastruktur entsprechend ausgebaut werden. Neben der Anpassung der Steuergeräte der LSA und deren Kommunikation mit dem Verkehrsrechner bedarf es zusätzlich der Installation von Messeinrichtungen zur Aufnahme und Klassifizierung des Verkehrsaufkommens.

Seit Projektstart Anfang 2019 sind in Schloß Neuhaus bereits geeignete Messstellen installiert worden. Derzeit werden vollständig anonyme Verkehrsdaten täglich erfasst und übertragen, wobei diese Aufzeichnung im Projektverlauf zu einer stetigen Kommunikation in Echtzeit weiterentwickelt werden muss. Mithilfe der Verkehrssimulationssoftware SUMO wurden sämtliche verkehrsbeeinflussenden Faktoren, wie unter anderem das Straßennetz selbst, LSA und ihre aktuellen Steuerungsprogramme sowie Sensoren, modelliert. Aktuell werden auf Basis der realen Verkehrsdaten verschiedene Varianten simulativer Routennachbildungen entwickelt. Einerseits werden gesamte Tagesdatensätze analysiert, welche die Grundlage für die Entwicklung und Validierung zukünftiger Regelungsalgorithmen für die Schaltung der LSA bilden. Andererseits wird eine Möglichkeit untersucht, mit einem begrenzten Zeithorizont von nur wenigen Sekunden realistische Routen zu generieren. Für die geplante Feldumsetzung ist diese „Online“-Routennachbildung aufgrund der kurzen Reaktionszeit unabdingbar.

Ein wichtiger Aspekt des Projektes ist, dass der entwickelte Ansatz auf vergleichbare Situationen andernorts übertragen ist, weshalb es sich als Pilotprojekt versteht. Standardisierte Verfahren sollen sicherstellen, dass auch andere Stadtgebiete Paderborns und weitere Kommunen von den hier erzielten Ergebnissen profitieren können.



**Kevin Malena, M.Sc.**  
E-Mail: [Kevin.Malena@hni.upb.de](mailto:Kevin.Malena@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 62 78



Gefördert durch: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie Nordrhein-Westfalen

Projektträger: Bezirksregierung Detmold, Projektpartner: Stadt Paderborn, RTB GmbH & Co. KG, Bad Lippspringe, Stührenberg GmbH, Detmold

---

## Pilot project “Schlosskreuzung”

### Intelligent traffic flow optimisation to reduce emissions and waiting times

---

The application of innovative traffic control concepts intends to react to the current problems of delays and congestion at intersections of inner-city traffic. The central goals of the project are the development of an algorithm to determine the logic of the traffic light systems (TLS) in Schloß Neuhaus as well as to ensure the transferability of this approach to other regions.

Slow traffic and congestion at intersections are a main cause for emissions in urban mobility. In contrast to local traffic bans, the stabilisation of inner-city traffic through adaptive traffic control offers a realistic and pleasant way of counteracting this problem. In the Pilot Project Schlosskreuzung, the approach of intelligent traffic control will be used to achieve continuous traffic. The project is funded within the framework of digital model regions in NRW with 1.7 million euros by the Ministry of Economics, Innovation, Digitalisation and Energy of the State of North Rhine-Westphalia. The duration of the project is 3 years, during which an optimal traffic flow control system will be developed and tested around the Schlosskreuzung using a simulation model validated with real traffic data. To fulfil this task, the existing traffic infrastructure has to be expanded accordingly. In addition to the adaptation of the TLS control units and their interfaces with the central traffic computer, the installation of measuring devices for recording and classifying the traffic volume is also required.



Verkehrssimulation in SUMO  
Traffic simulation in SUMO

Since the start of the project at the beginning of 2019, suitable measuring stations have already been installed in Schloß Neuhaus. At present, completely anonymous traffic data is recorded and transmitted daily, but this has to be further developed into a continuous communication in real time. The traffic simulation software SUMO was used to model all traffic influencing

factors such as the road network itself, TLS and their current control programs as well as sensors. Different simulative concepts of route replication based on real traffic data are currently under development. On the one hand, all-day traffic data sets are analysed and used for the development and validation of future control algorithms for the TLS. On the other hand, the generation of realistic routes with a limited time horizon of only a few seconds is tested. Due to the short reaction time, this “online”-route replication is indispensable for the intended field implementation.

The transferability of the approach to similar situations elsewhere is an important aspect of the project, which is why it is considered a pilot project. Standardised methods ensure that further areas in Paderborn and other regions are also able to benefit from the results achieved here.



**Kevin Malena, M.Sc.**

E-mail: [Kevin.Malena@hni.upb.de](mailto:Kevin.Malena@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 62 78



Supported by: Ministry of Economy, Innovation, Digitalisation and Energy of North Rhine-Westphalia

Project management: District Government Detmold

Project partners: City of Paderborn, RTB GmbH & Co. KG, Bad Lippspringe, Stührenberg GmbH, Detmold

---



Das Wichtigste ist, dass man nicht aufhört zu fragen.



The important thing is not to stop questioning.



(Albert Einstein)

---

## Annika Junker

M.Sc.  
Regelungstechnik und Mechatronik

---

Seit August 2018 arbeite ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ am Heinz Nixdorf Institut. Ich bin in der Rattenfängerstadt Hameln geboren und zur Schule gegangen und habe mich wegen meiner Begeisterung für Naturwissenschaften und Technik nach dem Abitur für das Maschinenbaustudium an der Universität Paderborn entschieden. Schon während des Bachelors war ich – im Gegensatz zu vielen Kommilitonen – besonders angetan von den eher mathematischen Inhalten des Studiums, sodass die Wahl meiner Vertiefungsrichtung auf den Bereich der Regelungstechnik fiel. Als studentische Hilfskraft sowie im Rahmen meiner Abschlussarbeiten hatte ich dann die Möglichkeit, mein theoretisches Wissen aus den Vorlesungen auf anspruchsvolle mechatronische Fragestellungen aus der Praxis anzuwenden. Außerdem durfte ich ein Projektseminar betreuen, bei dem die Studierenden eine Fluglageregelung für einen Quadrocopter auslegen sollten. Durch diese Tätigkeiten zeichnete sich schon früh eine Bindung zur Fachgruppe ab. Nach dem Masterabschluss stellte ich mir dann die Frage „War das jetzt etwa schon alles?“ Geleitet durch diesen Wissensdurst, war es für mich die logische Konsequenz, eine Promotion anzustreben und meinen Interessen von nun an auf wissenschaftlicher Ebene nachzugehen. Dabei ist es mein Ziel, mein erworbenes Wissen für die Entwicklung und Realisierung eigener Forschungsideen zu nutzen.

In meiner Gruppe forschen wir daran, wie sich Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) in der Regelungstechnik einsetzen lassen. Dabei interessieren wir uns besonders für die Forschungsfrage, wie sich die bestehenden leistungsfähigen Entwurfsverfahren der Regelungstechnik sinnvoll um maschinelle Lernverfahren erweitern lassen. Beispielsweise ist es für den modellbasierten Regelungsentwurf unverzichtbar, ein möglichst genaues Modell des betrachteten Systems zu kennen. Teilweise gibt es jedoch Zusammenhänge, die schwer physikalisch formulierbar sind. Daher ist es naheliegend, verfügbare Daten des Systems – zum Beispiel aus Messungen – für die Modellierung nutzbar zu machen. Aufgrund dessen ist es unser Ziel eine synergetische methodische Kombination modell- und datengetriebener Verfahren für den Regelungs- und Steuerungsentwurf, um einen größtmöglichen Nutzen aus beiden Herangehensweisen zu ziehen

Als Ausgleich zu meiner Tätigkeit am Institut treibe ich verschiedene Sportarten wie Volleyball oder Laufen. Außerdem koche und backe ich gerne.

---

## Annika Junker

M.Sc.  
Control Engineering and Mechatronics

---

Since August 2018, I have been working as a research assistant in the “Control Engineering” workgroup and Mechatronics at the Heinz Nixdorf Institute. I was born and went to school in the Pied Piper town Hameln and decided to study mechanical engineering at Paderborn University because of my enthusiasm for natural sciences and technology. Even during my bachelor’s degree I was – in contrast to many fellow students – particularly taken with the rather mathematical contents of my studies, so that my choice of specialisation fell on the field of control engineering. As a student assistant and as part of my final thesis, I then had the opportunity to apply my theoretical knowledge from the lectures to challenging mechatronic questions from practice. In addition, I was allowed to supervise a project seminar in which the students were to design an attitude control system for a quadrocopter. These activities led to an early commitment to the workgroup. After graduating with a master’s degree, I asked myself the question “Was that all?” Guided by this thirst for knowledge, it was the only logical consequence for me to strive for a doctorate and to pursue my interests at a scientific level from then on. It is my goal to use my acquired knowledge for the development and realisation of my own research ideas.

In my group, we research how methods of artificial intelligence (AI) can be used in control engineering. We are particularly interested in the research question of how the existing efficient design approaches of control engineering can be meaningfully extended by machine learning methods. For example, it is essential for model-based control design to know a model of the system under consideration that is as accurate as possible. In some cases, however, there are connections that are difficult to formulate physically. Therefore, it is obvious to make the the available system data – for example from measurements – usable for modelling. For this reason, it is our goal to create a synergetic methodological combination of model-driven and data-driven methods for control design in order to derive maximum benefit from both approaches.

In my spare time, I enjoy volleyball and running. I also enjoy cooking and baking.

---

## Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

---

Philosophie untersucht die fundamentalen Sinnbedingungen menschlichen Daseins, die Bedingungen der Möglichkeit von Kultur überhaupt. Dies schließt die Analyse von Grundatzfragen zu Wissenschaft und Technik ein. Die Fachgruppe untersucht Begründungsfragen zu Einzelwissenschaften ebenso wie Rechtfertigungsfragen im Kontext technischer Innovationen.

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

Telefon: +49 52 51 | 60 24 11



[www.kw.uni-paderborn.de/fach-philosophie](http://www.kw.uni-paderborn.de/fach-philosophie)



---

## Reflecting on science and technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

---

Philosophy investigates the fundamental meaning conditions of human existence, and the conditions of the possibility of culture throughout. This includes the analysis of fundamental issues of science and technology. The workgroup examines questions of validity concerning several sciences as well as questions of justification in the context of technical innovations.

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

Phone: +49 52 51 | 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, 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 Zwei-Fach-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.

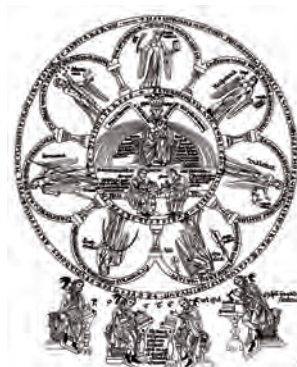
### Formale Logik und mathematische Praxis

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 Bemühens 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.



Die sieben freien Künste aus dem Hortus deliciarum der Äbtissin Herrad von Landsberg (1170)  
The Seven Liberal Arts from the Hortus deliciarum of the abbess Herrad from Landsberg (1170)

---

## Workgroup Philosophy of Science and Technology

---

Assessment of the scientific and applied research demands the 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 as well as 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.

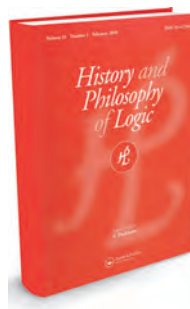
### Formal logic and mathematical practice

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 their 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 logic. An important tool here is the publicly accessible bibliographic database for the History of Logic that we are currently compiling in Paderborn.

### Algebraization of logic in a historical perspective

Our studies in philosophy of mathematics and logic are supplemented by historical research on the algebraization 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.



**History and Philosophy of Logic.**  
V. Peckhaus (Editor-in-Chief): *History and Philosophy of Logic*. Taylor & Francis, Milton Park, Oxon.



## Historisch-kritische Neuedition der Logik Immanuel Kants

im Rahmen eines Großvorhabens der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Im Rahmen des Großvorhabens Neuedition, Revision und Abschluss der Werke Immanuel Kants der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften arbeitet die Fachgruppe „Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik“ um Volker Peckhaus derzeit an der historisch-kritischen Neuedition der Logik Kants.

„Es sind bereits anderthalb Jahre, seit mir Kant den Auftrag erteilte, seine Logik, so wie er sie in öffentlichen Vorlesungen seinen Zuhörern vorgetragen, für den Druck zu bearbeiten, und dieselbe in der Gestalt eines compendiösen Handbuches dem Publicum zu übergeben. Ich erhielt zu diesem Zweck von ihm die selbsteigene Handschrift, deren er sich bei seinen Vorlesungen bedient hatte, mit Äußerung des besondern, ehrenvollen Zutrauens zu mir, daß ich, bekannt mit den Grundsätzen seines Systems überhaupt, auch hier in seinen Ideengang leicht eingehen, seine Gedanken nicht entstellen oder verfälschen, sondern mit der erforderlichen Klarheit und Bestimmtheit und zugleich in der gehörigen Ordnung sie darstellen werde“ (AA IX 3).

Mit diesen Worten beginnt Gottlob Benjamin Jäsche (1762 – 1842) seine Vorrede zu Immanuel Kants Logik: Ein Handbuch zu Vorlesungen, welches er noch zu Lebzeiten seines älteren Königsberger Kollegen Kant (1724 – 1804), nämlich zunächst 1800 und dann noch einmal 1801, publiziert.

In der Folgezeit wird der auch als Jäsche-Logik bezeichnete Text häufig ediert, 1923 erstmals auch in der Abteilung „Werke“ der sogenannten Akademie-Ausgabe, einer umfassenden Gesamtausgabe der Schriften Kants, die seit 1900 als Kants gesammelte Schriften in den Abteilungen „Werke“, „Briefwechsel“, „Handschriftlicher Nachlass“ und „Vorlesungen“ erscheint. Die Ausgabe avanciert ihrem Anspruch gemäß zum Vorbild späterer historisch-kritischer Ausgaben, ist jedoch bis heute nicht abgeschlossen und enthält zudem eine Vielzahl von zum Teil gravierenden Mängeln.

Mit der historisch-kritischen Neuedition der Akademie-Ausgabe der Jäsche-Logik ist die Fachgruppe „Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik“ um Volker Peckhaus derzeit beschäftigt – ungeachtet des umstrittenen Stellenwerts dieses Textes innerhalb der Schriften Kants. Dieses Projekt ist Teil des Großvorhabens Neuedition, Revision und Abschluss der Werke Immanuel Kants der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, für dessen Umsetzung neben Volker Peckhaus

zahlreiche weitere externe Forscherinnen und Forscher im In- und Ausland verantwortlich sind.

Die Herausgeberinnen und Herausgeber werden die Akademie-Ausgabe unter Berücksichtigung einheitlicher Editionsrichtlinien zu einem endgültigen Abschluss bringen, indem sie die Abteilungen Werke und Briefwechsel neu oder in revidierter Form herausgeben, essenzielle Textlücken füllen und Mängel beseitigen. Gegenüber der bisherigen Akademie-Ausgabe wird sich die Neuedition durch Originaltreue, Benutzerfreundlichkeit, den Einbezug des neuesten Forschungsstands und Transparenz auszeichnen. Neben einer Druck- wird außerdem eine Online-Version der Edition bereitgestellt werden. Auf diese Weise kann die Akademie-Ausgabe wieder zur internationalen Referenzausgabe für die wissenschaftliche Forschung werden.

Das Vorhaben ist Teil des Akademienprogramms der Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften, welches das derzeit größte geisteswissenschaftliche Forschungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland ist und der Erschließung, Sicherung und Vergegenwärtigung des kulturellen Erbes dient.



Kerstin Beele  
E-Mail: [beele@mail.upb.de](mailto:beele@mail.upb.de)



[kant.bbaw.de](http://kant.bbaw.de)

---

## Historico-critical re-edition of Immanuel Kant's Logic

As part of a large-scale project of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities

---

As part of the large-scale project *The Collected Works of Immanuel Kant – New Editions, Revisions and Completion of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities*, the workgroup “Philosophy of Science and Technology” led by Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical re-edition of Kant's *Logic*.

“It has already been a year and a half since Kant instructed me to edit his *Logic* for the press as presented by him in public lectures to his listeners, and to submit it to the public in the form of a compendious manual. To that end, I received from him the very manuscript he had used in his lectures, with an expression of the special honorable confidence in me that I, familiar with the principles of his system generally, would readily enter into the course of his ideas; and that I would not distort or falsify his thoughts but rather exhibit them with the requisite clarity and definiteness and at the same time in the appropriate order.” (*Logic*. Translated, with an introduction, by Robert S. Hartman and Wolfgang Schwarz, Dover edition, Dover publications, 1988. p. 5)



Immanuel Kants *Logik* – ein Handbuch zu Vorlesungen  
Immanuel Kant's logic – a handbook to lectures

With these words, Gottlob Benjamin Jäsche (1762–1842) begins his preface to Immanuel Kant's *Logic: A Handbook for Lectures*, which he first published in 1800 and then again in 1801 while his senior Königsberg colleague Kant (1724–1804) was still alive.

Since then, the text also known as Jäsche *Logic* has been edited numerous times. In 1923, it was included in the division “Published Works” of the so-called Academy Edition. The Academy Edition is a comprehensive edition of the complete writings of Kant, which was published under the name of “Kant's Collected Works” since 1900. This edition is divided into the following sections: “Published Works”, “Correspondence”, “Handwritten Remains”, and “Lecture Courses”. The edition

claimed to become an example for future historico-critical editions, even though it was never completed and it is full of sometimes serious problems.

The workgroup “Philosophy of Science and Technology” led by Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical re-edition of the Academy Edition of the Jäsche *Logic* – notwithstanding its disputed significance within Kant's writings. This project is part of the large-scale project *The Collected Works of Immanuel Kant – New Editions, Revisions and Completion of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities*. Volker Peckhaus and many more researchers from Germany and abroad are responsible for its realisation.

Following today's standards, the editors will finish the Academy Edition, publishing new or revised editions of the divisions “Published Works” and “Correspondence”, editing important texts missing from the collection so far as well as by fixing existing serious deficiencies in the volumes that already have been published. In opposition to the existing Academy Edition, the re-edition will be faithful to the original text, user-friendly and transparent, and will take into account the current state of research. Furthermore, the edition will be published in print and online. This will keep the Academy Edition the standard reference edition in scholarly research on Kant.

The project is part of the Academies Programme, which is currently the most comprehensive humanities research programme in Germany. It is coordinated by the Union of the German Academies of Sciences and Humanities and serves the purpose to retrieve and explore our cultural heritage.



Kerstin Beele  
E-mail: [beele@mail.upb.de](mailto:beele@mail.upb.de)

---



Wir leben nicht für den Fortschritt,  
sondern dafür, unsere Stimme einzubringen.



Life is not about progress, life is about contribution.



(Benjamin Zander)

---

## Monja Reinhart

M.A.

Wissenschaftstheorie und Philosophie  
der Technik

---

Mein Name ist Monja Reinhart und ich komme aus Münster. Seit 2018 promoviere ich bei Professor Volker Peckhaus über ästhetische Aussagen in der Mathematik. Mich interessieren dabei folgende Fragen: Was meinen Mathematiker, wenn sie sagen, ein Beweis oder eine Formel sei schön? Hat die kognitive Verarbeitung mathematischer Strukturen möglicherweise Ähnlichkeit mit der Wahrnehmung von Musik? Und wie entwickelt sich die Vorstellung von mathematischer Ästhetik?

An der Philosophie reizt mich, dass wir buchstäblich die ganze Welt in den Blick nehmen können, ohne dass es uns jemand übel nimmt. Im schlimmsten Fall wird der Philosoph dafür belächelt. Lächeln ist aber gar kein schlechter Ausgangspunkt, oft ist es ja nur ein Ausdruck von Irritation. Wenn es dem Philosophen gelingt, die Irritation des Gesprächspartners in Interesse zu verwandeln, dann hat er sein erstes Ziel erreicht: Philosophie lebt vom Diskurs. Je unterschiedlicher die Diskursteilnehmer, desto größer die Chance auf neue Perspektiven.

Philosophie ist also notwendig inklusiv. In dem Moment, in dem sich alle einig sind, ist die Philosophie überflüssig. Den Diskurs zu erhalten ist aber nicht immer einfach. Das zweite Ziel des Philosophen ist es daher, zu verhindern, dass die Gesprächspartner den Diskurs verlassen. Nur wer mit mir spricht, den kann ich verstehen. Wen ich verstehe, den kann ich respektieren. Und nur wen ich respektiere, mit dem kann ich produktiv zusammenarbeiten. Dass das nicht nur für die Wissenschaft gilt, sondern auch politische Relevanz hat, ist offensichtlich.

Philosophie muss man üben. Einen Diskurs zu initiieren und zu erhalten, erfordert ausgeprägte kommunikative Fähigkeiten: Philosophie-Studierende üben, Argumente zunächst einmal als solche zu identifizieren, sie zu analysieren, ihre (historischen) Hintergründe zu verstehen, sie zu kontextualisieren und schließlich auf den Punkt zu formulieren. Sie üben sich darin, empathisch genug zu sein, argumentative Fehler konstruktiv zu kritisieren und selbst Kritik anzunehmen.

Das Spannende ist für mich, dass dieses Üben nie aufhört. Als Philosophin habe ich die Möglichkeit, mein analytisches Instrumentarium an immer neuen Gegenständen zu erproben. So gesehen habe ich mein Fach immer bei mir: Ich laufe einfach herum und staune, wie viel faszinierende Welt um uns herum liegt.

---

## Monja Reinhart

M.A.

Philosophy of Science and Technology

---

My name is Monja Reinhart and I am from Münster, where I obtained my master's degree in philosophy. The focus of my studies is in logic and history of logic. Since 2018, I have been a PhD student in the workgroup of Professor Volker Peckhaus. My thesis is about the aesthetics of mathematical structures. Some of the questions I deal with are the following: What do mathematicians mean by talking about the beauty of mathematics? What explanations for the connection of mathematics and aesthetics do we find in the history of philosophy? Are there any cognitive similarities between the perception of mathematics and works of art?

What I like about philosophy is that we focus on the whole world. Other researchers might laugh at us, but that is not bad. Laughter can be the beginning of interest. If philosophers get interest, then they have reached their first goal: Philosophy consists in discourse. And a philosophical discourse needs different perspectives. Philosophy is inclusive. If all of us were of the same opinion, there would be no need for philosophy at all.

But to maintain a discourse is not easy. For that, the second goal of a philosopher is to prevent the dialogue partners from leaving the discourse. If someone does not talk to me, I will never get the chance to understand them. If I do not understand someone, it will be hard for me to respect them. And if I do not respect someone, I will have no chance of working together with them. This is not only important in research but also in politics.

Philosophy needs practice. Initiating and maintaining a discourse requires communicative abilities. Students attending philosophy classes practise identifying an argument, analysing it, recognising its (historical and systematical) contexts and presenting it on the point. They also practise respecting their colleagues, to express constructive critique and to accept and apply critique themselves.

What I like about philosophy is that the process of practice never stops. As a philosopher, I have the opportunity to apply my analytical instruments to various problems. Therefore, I take philosophy with me all the time: Now I can observe this amazingly structured world all around us.

---

## 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**





## Softwaretechnik

Prof. Dr. Eric Bodden

## Software Engineering

Prof. Dr. Eric Bodden

### Publikationen Publications

- Albert Gorski Ili, Sigmund; Andow, Benjamin; Nadkarni, Adwait; Manandhar, Sunil; Enck, William; Bodden, Eric; Bartel, Alexandre: ACMiner: Extraction and Analysis of Authorization Checks in Android's Middleware. In: ACM Conference on Data and Application Security and Privacy (CODASPY 2019), 2019
- Dann, Andreas; Hermann, Ben; Bodden, Eric: ModGuard: Identifying Integrity Confidentiality Violations in Java Modules. IEEE Transactions on Software Engineering: S. 1–1, 2019
- Dann, Andreas; Hermann, Ben; Bodden, Eric: SootDiff: Bytecode Comparison Across Different Java Compilers. In: Proceedings of the 8th ACM SIGPLAN International Workshop on State Of the Art in Program Analysis, SOAP 2019, S. 14–19, New York, NY, USA, 2019, ACM
- Fazal-Baqaie, Masud; Strüwer, Jan-Niclas; Schmelter, David; Dziwok, Stefan: Coaching on the Job bei Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus – Wissenslücken schließen zur Weiterpflege modernisierter IT-Anwendungen. In: Mikusz, Martin (Hrsg.) Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2019 (PVM 2019), 24.–25. Okt. 2019 Gesellschaft für Informatik, Lecture Notes in Informatics (LNI)
- Fockel, Markus; Merschjohann, Sven; Fazal-Baqaie, Masud; Förder, Torsten; Hausmann, Stefan; Waldeck, Boris: Designing and Integrating IEC 62443 Compliant Threat Analysis. In: Proceedings of the 26th European System, Software & Service Process Improvement & Innovation Conference (EuroSPI 2019), S. 57–69, Sep. 2019, Springer International Publishing
- Gerking, Christopher; Budde, Ingo: Heuristic Inference of Model Transformation Definitions from Type Mappings. In: Workshop on Artificial Intelligence and Model-driven Engineering (MDE Intelligence 2019), 16. Sep. 2019
- Gerking, Christopher; Schubert, David: Component-Based Refinement and Verification of Information-Flow Security Policies for Cyber-Physical Microservice Architectures. In: International Conference on Software Architecture (ICSA 2019), 26.–29. Mrz. 2019
- Hazhirpasand, Mohammadreza; Ghafari, Mohammad; Krüger, Stefan; Bodden, Eric; Nierstrasz, Oscar: The Impact of Developer Experience in Using Java Cryptography. In: ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), Emerging Results and Vision Track, Sep. 2019
- Holtmann, Jörg: Improvement of Software Requirements Quality based on Systems Engineering. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Jun. 2019
- Holzinger, Philipp: A Systematic Analysis and Hardening of the Java Security Architecture. Dissertation, Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Softwaretechnik, Okt. 2019
- Krüger, Stefan; Hermann, Ben: Can an online service predict gender?: on the state-of-the-art in gender identification from texts. In: Crnkovic, Ivica; Kohl Silveira, Karina; Sprenkle, Sara (Hrsg.) Proceedings of the 2nd International Workshop on Gender Equality in Software Engineering, GE@ICSE 2019, Montreal, QC, Canada, May 27, 2019., S. 13–16, Mai 2019
- Krüger, Stefan; Späth, Johannes; Ali, Karim; Bodden, Eric; Mezini, Mira: CrySL: An Extensible Approach to Validating the Correct Usage of Cryptographic APIs. IEEE Transactions on Software Engineering, Jan. 2019
- Luo, Linghui; Bodden, Eric; Späth, Johannes: A Qualitative Analysis of Taint-Analysis Results. In: IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2019), 2019
- Luo, Linghui; Dolby, Julian; Bodden, Eric: MagpieBridge: A General Approach to Integrating Static Analyses into IDEs and Editors. In: European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), Jul. 2019
- Nachtigall, Marcus; Nguyen, Lisa; Bodden, Eric: Explaining Static Analysis – A Perspective. In: 1st International Workshop on Explainable Software (EXPLAIN) at ASE, Nov. 2019
- Nguyen, Lisa: User-Centered Tool Design for Data-Flow Analysis. Dissertation, Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Softwaretechnik, Okt. 2019
- Piskachev, Goran; Nguyen, Lisa; Bodden, Eric: Codebase-Adaptive Detection of Security-Relevant Methods. tr-ri-19–356, Feb. 2019
- Piskachev, Goran; Nguyen, Lisa; Johnson, Os-hando; Bodden, Eric: SWAN\_ASSIST: Semi-Automated Detection of Code-Specific, Security-Relevant Methods. In: IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2019), Tool Demo Track, Nov. 2019
- Piskachev, Goran; Petrasch, Tobias; Späth, Johannes; Bodden, Eric: AuthCheck: Program-state Analysis for Access-control Vulnerabilities. In: 10th Workshop on Tools for Automatic Program Analysis (TAPAS), Okt. 2019
- Schubert, Philipp; Hermann, Ben; Bodden, Eric: PhASAR: An Inter-Procedural Static Analysis Framework for C/C++. In: International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS), 2019
- Schubert, Philipp; Leer, Richard; Hermann, Ben; Bodden, Eric: Know Your Analysis: How Instrumentation Aids Understanding Static Analysis. In: Proceedings of the 8th ACM SIGPLAN International Workshop on State Of the Art in Program Analysis, SOAP 2019, S. 8–13, New York, NY, USA, 2019, ACM
- Späth, Johannes: Synchronized Pushdown Systems for Pointer and Data-Flow Analysis. Dissertation, Universität Paderborn, Jan. 2019
- Späth, Johannes; Ali, Karim; Bodden, Eric: Context-, Flow-, and Field-sensitive Data-flow Analysis Using Synchronized Pushdown Systems. Proceedings of the ACM SIGPLAN Symposium on Principles of Programming Languages, 3(POPL): S. 48:1–48:29, Jan. 2019
- Stockmann, Lars; Laux, Sven; Bodden, Eric: Architectural Runtime Verification. In: 2019 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C), S. 77–84, Mrz. 2019
- Thüm, Thomas; Knüppel, Alexander; Krüger, Stefan; Bolle, Stefanie; Schaefer, Ina: Feature-oriented contract composition. Journal of Systems and Software, 152: S. 83–107, 2019
- Wohlers, Benedict; Dziwok, Stefan; Pasic, Faruk; Lipsmeier, Andre; Becker, Matthias: Monitoring and Control of Production Processes

based on Key Performance Indicators for Mechatronic Systems. International Journal of Production Economics 2019

## Promotionen PhD Theses

Markus Fockel

### **Safety Requirements Engineering for Early SIL Tailoring**

Der hohe Grad an Innovation in mechatronischen Systemen führt zu sogenannten Cyber-Physical Systems (CPS). Diese realisieren eine komplexe Funktionalität und sind sicherheitskritisch. Wie sicherheitskritisch solche Systeme sind, wird durch sogenannte Sicherheits-Integritätslevel (SIL) kategorisiert, die durch Normen wie der ISO 26262 definiert werden. Ein bestimmter SIL beschreibt nicht nur die Höhe des Gefährdungsrisikos, sondern diktiert auch den erforderlichen Grad an Sorgfalt bei der Entwicklung des Systems, um Gefahren zu verhindern oder abzumildern. Ein hoher SIL erfordert die Anwendung von Safety-Maßnahmen mit einem hohen Sorgfalsgrad in allen Phasen der Entwicklung und impliziert daher einen hohen Safety-Aufwand. SIL-Tailoring ist ein Mittel um den Safety-Aufwand zu reduzieren, indem man Subsystemen geringere SILs zuordnet, falls sie von kritischeren Subsystemen getrennt sind oder redundante Safety-Anforderungen erfüllen. Um den nötigen Safety-Aufwand zu planen, sollten Möglichkeiten für SIL-Tailoring so früh wie möglich identifiziert werden – d. h. bereits in der Anforderungsanalyse. Durch die Komplexität von CPS, ist es jedoch schwierig Safety-Anforderungen aufzustellen, die valide Möglichkeiten für SIL-Tailoring eröffnen.

Der Beitrag dieser Dissertation ist ein systematischer, werkzeugunterstützter SIL-Tailoring-Prozess, der im Safety Requirements Engineering angewendet wird. Der Prozess nutzt eine modell- und szenario-basierte, formale Sprache zur Anforderungsspezifikation und stellt einen Katalog von Anforderungsmustern bereit. Dies unterstützt die Spezifikation von eindeutigen und konsistenten Safety-Anforderungen. Basierend auf diesen formalen Anforderungen werden Fehlerpropagierungsmodelle automatisch generiert und Subsystemen automatisch SILs zugeordnet. Das minimiert den Sicherheitsanalyseaufwand auf eine Review-Aufgabe. Schließlich wird aus den generierten Analyseergebnissen automatisch ein Safety Case mit Argumenten für die Validität von angewendeten

SIL-Tailorings abgeleitet. Dadurch wird die Safety-Case-Pflege automatisiert.

Philipp Holzinger

### **A Systematic Analysis and Hardening of the Java Security Architecture**

Java ist eine der beliebtesten Entwicklungsplattformen und wird in einem breiten Spektrum unterschiedlicher Anwendungskontexte eingesetzt. Das Java Runtime Environment (JRE) implementiert eine komplexe Sicherheitsarchitektur, die die Einhaltung von Sicherheitsrichtlinien derart sicherstellt, dass die Ausführung von vertrauenswürdigen Code und nicht vertrauenswürdigen Code im selben Prozess ermöglicht wird. Über die gesamte Lebenszeit der Plattform gab es jedoch wiederkehrenden Angriffe, die schwerwiegende Sicherheitslücken in der JRE aufzeigten, mit deren Hilfe alle Sicherheitsmechanismen umgangen werden konnten. Trotz der großen Anzahl bekannter Sicherheitslücken in der Plattform war bisher wenig bekannt über konzeptionelle Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Exploits, oder in welchem Umfang Designschwächen in der Java-Sicherheitsarchitektur die Angriffe erst ermöglichten. Daher wurde im Kontext dieser Arbeit eine systematische Sammlung und Analyse eines großen Datensatzes unterschiedlicher Exploits durchgeführt, wodurch Sicherheitslücken aus mehr als zehn Jahren betrachtet wurden. Ein Ergebnis dieser Analyse ist, dass es neun Schwächen gibt, die häufig von Exploits ausgenutzt werden. Zudem wird aufgezeigt, dass alle Exploits in drei Angriffskategorien eingeteilt werden können. Abschließend wird auf zwei fundamentale Designschwächen, die zu einer Vielzahl von Angriffen führten, verwiesen.

Lisa Ngyuen

### **User-Centered Tool Design for Data-Flow Analysis**

In den letzten Jahrzehnten sind zunehmend statische Programmanalyse-Tools in der Industrie zum Einsatz gekommen. Allerdings sind sie für User-Experience-Probleme bekannt, wie die hohe Anzahl von Fehlalarmen, langsames Produzieren von Ergebnissen oder für unvollständige Problembeschreibungen. In dieser Arbeit adressieren wir diese Probleme mit Hilfe benutzerzentrierten Designs. Dazu untersuchen wir die Motivation der Nutzer zur Verwendung der Tools. Mit diesem Wissen extrahieren wir Designempfehlungen für die Entwicklung statischer Analysetools. Auf Basis dieser erstellen und bewerten wir im Anschluss neue Prototypen. Zu

diesem Zweck konzentrieren wir uns auf zwei Nutzergruppen: die Analysenentwickler, die den Code einer statischen Analyse schreiben, und die Softwareentwickler, die den Code schreiben, welcher von einem Analysetool analysiert wird. Für beide Nutzergruppen berichten wir durch Umfragen über Motivationen und Strategien der Entwickler und präsentieren konkrete Designempfehlungen für statische Analysetools. Nach diesen Designempfehlungen erstellen wir Programmanalyse-Tools, die sich mit den wichtigsten User-Experience-Problemen befassen, die wir in den Umfragen identifizieren: VisuFlow zur Datenvisualisierung, Cheetah für schnellere Ergebnisse und Mudarri zur verbesserten Erklärbarkeit. Durch Nutzerstudien und empirische Auswertungen bewerten wir diese Analysetools und zeigen, dass es diese Tools den Entwicklern ermöglichen, ihre Aufgaben besser zu erfüllen als mit aktuellen Analysetools. Wir argumentieren daher für die Notwendigkeit von benutzerzentrierten Ansätzen, um die jahrzehntealten User-Experience-Probleme der statischen Analyse zu lösen. Dabei stellen wir den Benutzer ins Zentrum der Designmethodik, um Programmanalyse-Werkzeuge zu entwickeln, die den Bedürfnissen des Benutzers entsprechen.

Johannes Späth

### **Synchronized Pushdown Systems for Pointer and Data-Flow Analysis**

Software ist heutzutage allgegenwärtig präsent und kommt zur Anwendung in Computern, Smartphones, Autos und Industrieanlagen und vielen anderen Systemen. Programmierfehler (oder Bugs) können drastische Auswirkungen auf das Softwaresystem haben. Ein einzelner Bug in einer Komponente einer Software kann beispielsweise leicht das ganze System zum Absturz bringen. Ein Programmierfehler in einer sicherheitskritischen Komponente kann einem Angreifer genügen, um sensitive Daten des Systems zu extrahieren. Daher ist es notwendig Programmierfehler frühzeitig, idealerweise noch vor Inbetriebnahme der Software, aufzudecken. In seiner Dissertation hat Johannes Späth effiziente und präzise Datenflussanalysealgorithmen entwickelt. Die Algorithmen helfen Softwareentwicklern Fehler in ihrem Programmcode frühzeitig, noch während des Kompilierens, aufzudecken. Die Algorithmen erreichen Effizienz durch „bedarfsgerechte“ Analysen; statt die komplette Software zu analysieren, werden lediglich relevante Teile des Softwarecodes analysiert. Dies spart

Rechenzeit und liefert Ergebnisse innerhalb von wenigen Sekunden, statt wie mit existierenden Algorithmen die Ergebnisse häufig erst nach Stunden zu erhalten. Gleichzeitig sind die Algorithmen hoch präzise und die erkannten Fehler der Analyse sind mit hoher Wahrscheinlichkeit tatsächliche Bugs in der Software. Die in seiner Dissertation präsentierten Algorithmen liefern die Basistechnologien für die effiziente und präzise statische Codeanalyse des Tools CogniCrypt, die sicherheitsrelevante Schwachstellen im Programmcode in Sekunden aufdeckt.

#### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**Workshop „Sichere Softwareentwicklung“**  
09.01.2019, Essen, Germany

**POPL 2019**  
13. – 19.01.2019, Cascais, Portugal

**„Der Mensch in der digitalisierten Welt“**  
17.01.2019, Bielefeld, Germany

**The 9th ACM Conference on Data and Application Security and Privacy (CODASPY)**  
25. – 27.03.2019, Dallas, TX, USA

**IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ARCHITECTURE (ICSA 2019)**  
25. – 29.03.2019, Hamburg, Germany

**Paderborner Tag der IT-Sicherheit**  
27. – 28.03.2019, Paderborn, Germany

**Hannover Messe (Industrial Supply)**  
01. – 05.04.2019, Hannover, Germany

**SAP Research Seminar**  
04. – 05.04.2019, Mougins, Frankreich

**International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS)**  
08. – 11.04.2019, Prague, Czech Republic

**CROSSING Retreat**  
29. – 30.04.2019, Darmstadt, Germany

**Ruhrsec**  
28. – 29.05.2019, Bochum, Germany

**41st ACM/IEEE International Conference on Software Engineering (ICSE 2019)**  
25. – 31.05.2019, Montreal, Canada

**Dagstuhl „Empirical Evaluation of Secure Development“**  
02. – 07.06.2019, Schloss Dagstuhl, Germany

**PLDI 2019**  
22. – 26.06.2019, Phoenix, Arizona, USA

**Huawei Security Technology SAB Summit**  
10.07.2019, München, Germany

**ECOOP 2019**  
15. – 19.07.2019, London, UK

**Heise devSec**  
24. – 25.09.2019, Heidelberg, Germany

**it-sa**  
08. – 10.10.2019, Nürnberg, Germany

#### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- ACM Distinguished Member (Oct 2019)
- Distinguished Reviewer Award at Wiley Software Practice (March 2019)
- ACM SIGPLAN Distinguished Paper Award for paper „Context-, Flow-, and Field-sensitive Data-flow Analysis Using Synchronized Pushdown Systems“ at the 2019 ACM SIGPLAN Symposium on Principles of Programming Languages (POPL 2019)

#### Weitere Funktionen Additional functions

- Member of the BITKOM Management Club
- Member of the Exchange circle Secure Software Engineering of the Federal Office for Information Security (BSI)
- Associate Editor of the IEEE Transactions on Software Engineering (TSE)
- Editorial Board Member of the IEEE Transactions on Software Engineering
- Steering committee member of the ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE)
- Steering committee member of the International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA)

- Steering committee member of the International Symposium on Engineering Secure Software and Systems (ESSOS)
- Steering committee member of the International Workshop on Dynamic Analysis (WODA)
- Steering committee member of the International Workshop on the State Of the Art in Java Program Analysis (SOAP), also co-founder of the Workshop
- Program committee member of the International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA) 2020
- Program committee member of the International Conference on Software Testing, Validation, and Verification (ICST) 2020
- Program committee member of the International Conference on Runtime Verification (RV) 2019
- Program committee member of the Software Engineering Conference of the German Gesellschaft für Informatik, GI (SE) 2019
- Program committee member of the International Conference on Programming Languages, Design and Implementation (PLDI) 2019
- Program board member of the International Conference on Software Engineering (ICSE) 2019
- Expert Reviewer, Software Security Knowledge Area, Cyber Security Body of Knowledge project (<http://www.cybok.org/>)
- Advisory Board Member of Compositional Risk Assessment and Security Testing of Networked Systems (RASEN), EU FP7
- Reviewer of Grant Proposals for the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Reviewer of Grant Proposals for Horizon 2020 / European Research Council
- Reviewer of Grant Proposals for the Luxembourg National Research Fund (FNR)
- Reviewer of Grant Proposals for the Research Grant Council (RGC) of Hong Kong
- Reviewer for a variety of journals (ACM, IEEE, Springer et al.)

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

**DFG-Projekt CROSSING – Cryptography-Based Security Solutions: Enabling Trust in New and Next Generation Computing Environments**  
Im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereichs 1119, CROSSING, leiten wir das Projekt Secure Integration of Cryptographic Software. Zusam-

men mit Mira Mezinis Software Technology Group erforschen wir Mittel, um Entwicklern bei der sicheren Integration von kryptographischen Bibliotheken zu unterstützen.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 01.07.2018 – 30.06.2022*

#### **DFG-Projekt TESTIFY-Finding and Demonstrating Undesired Program Behavior**

In diesem gemeinsamen Projekt mit Andreas Zeller von der Universität des Saarlandes wird versucht, Techniken der statischen Analyse, der Testfallgenerierung und der dynamischen Analyse zu kombinieren. Ziel ist, so viel „interessantes“ Laufzeitverhalten von mobilen Applikationen, im besonderen Android Malware, wie möglich zu erkennen. Diese Techniken werden die ersten sein, die zuverlässig auch hochgradig verwirrenden Anwendungen, die eben genau versuchen, solche Analysen durch Evasions-Techniken zu verhindern, gewachsen sind.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2016 – 2020*

#### **DFG Emmy Noether Program – RUNSECURE – Provably secure program executions through declaratively defined dynamic program analyses**

Im Rahmen des Emmy Noether Projects RUNSECURE entwickeln wir eine neuartige Programmiersprache zur Entwicklung nachweislich korrekter Monitore für die dynamische Analyse und Sicherheit. Hierdurch wird es Programmieren ermöglicht, Programme zu erhalten, die vor einer Reihe Klassen von „Vulnerabilities by Design“ geschützt sind.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2012 – 2019*

#### **SFB 901 „On-The-Fly-Computing“ (3. 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 B4: Proof-Carrying Services

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 01.06.2019 – 30.6.2023*

#### **MIWF Graduiertenkolleg „Human Centered Systems Security – North Rhine-Westphalian Experts on Research in Digitalization (NERD)“**

Wie bei allen Tandemprojekten vom Graduiertenkolleg NERD steht der „Faktor Mensch“ auch bei „IntelliScan“ im Mittelpunkt. Hier werden als Akteure insbesondere Softwareentwickler betrachtet. Dabei sollen zunächst Studien durchgeführt werden, um zu ermitteln, warum Entwickler bei der Implementierung von Softwaresystemen sicherheitsrelevante Programmierfehler begehen. In Folge dessen sollen automatisierte Werkzeuge zur statischen Codeanalyse entwickelt werden, die Entwickler in den Softwareentwicklungsprozessen unterstützen, um Schwachstellen besser und frühe zu erkennen.

*Förderinstitution: Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF)*

*Laufzeit: 15.09.2017 – 30.08.2021*

#### **DFG-Projekt Zukunftssicherung des Soot Rahmenwerks für Programmanalyse und –transformation (FutureSoot)**

Soot ist das wohl weltweit beliebteste Rahmenwerk zur Analyse und Transformation von Java- und Android-Programmen. Über seine mehr als fünfzehnjährige Lebensdauer hinweg sind unzählige wissenschaftliche Werkzeuge entstanden, die direkt auf Soot aufbauen. Das Soot Rahmenwerk bietet diesen Werkzeugen hiermit eine gemeinsame Implementierungsplattform, was die Vergleichbarkeit der einzelnen Ansätze stark erhöht, und die Implementierung der einzelnen Werkzeuge stark beschleunigt. Das geplante Vorhaben hat es zum Ziel, das Soot Rahmenwerk in die richtige Bahn zu lenken, um auch über die Projektförderung hinaus seine Wartung für lange Zeit zu garantieren. Aus diesem Grunde umfasst das Projekt die Entwicklung eines Nachhaltigkeitskonzepts, den Aufbau und weiteren Ausbau einer verlässlichen Build-and-Test-Infrastruktur, sowie weitere Arbeiten zur stärkeren Modularisierung der Kernkomponenten. Die geplanten Arbeiten sollen bewirken, dass Soot in Zukunft einfacher zu warten sein wird, nach einem erprobten und wohldokumentierten Plan gewartet wird, und soll außerdem mittels Workshops die hauptsächlichen Interessenvertreter der Soot-Community zusammenbringen und unter diesen die weitere Wartung und Weiterentwicklung koordinieren.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2018 – 2021*

#### **EFRE-Projekt „CodeShield – Sicherheitslücken entlang der Software-Supply-Chain aufdecken“**

CodeShield ist das erste Security-Werkzeug, das automatisiert neue und unbekannte Sicherheitslücken aufdecken kann – sowohl im projekteigenen Code als auch in Fremdcode (Bibliotheken). Es integriert sich dafür nahtlos in die gewohnte Entwicklungsumgebung von Softwareentwicklern. Das Projekt wird durch die Start-up Transferr. NRW Förderung unterstützt mit dem Ziel einer zukunfts-fähigen Ausgründung.

*Förderinstitution: EU/EFRE.NRW*

*Laufzeit: 01.11.2019 – 31.10.2020*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- dSpace, Paderborn
- Mindsquare
- Reply
- Software AG
- Maschinenbauinstitut VDMA
- SAP
- IBM

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Mälardalen Universität, Schweden
- Universität aus Banja Luka, Bosnien und Herzegowina
- Universität aus Belgrad, Serbien
- Staatsuniversität „Montenegro“ aus Podgorica, Montenegro
- Universität aus Sarajevo, Bosnien und Herzegowina
- Universität „St. Kyrill und Method“, Mazedonien
- Universität aus Tirana, Albanien
- Universität Zagreb, Kroatien
- Delft University of Technology, Niederlande
- The Open University, England
- ABB Corporate Research, USA
- Vrije Universiteit, Niederlande
- University of Alberta, Kanada
- Concordia University, USA
- Iowa State University, USA
- Polytechnique Montreal, Kanada
- University of Lugano, Schweiz
- Microsoft, USA
- University of Chile, Chile
- NC State University, USA
- IMDEA, Spanien

- McGill University, Kanada
- Carnegie Mellon University, USA
- SnT Universität Luxembourg, Luxemburg
- Penn State University, USA
- Northeastern University, USA
- Microsoft Research, USA
- Google Inc., USA
- Oracle Labs., Australien
- Oracle Inc., USA
- Google Inc., Schweiz
- University of Oslo, Norwegen
- University of Bergen, Norwegen
- University of Campinas, Brasilien
- Purdue University, USA

## Verteilte Eingebettete Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer

## Distributed Embedded Systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler  
Assistant Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer

### Publikationen Publications

- Amjad, Muhammad Sohaib; Dressler, Falko: Performance Insights on IEEE 802.11a/g Compliant Software-based In-Band Full Duplex Relay Systems. Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2019), Marrakesh, Morocco, Apr. 2019
- Amjad, Muhammad Sohaib; Harges, Tobias; Schettler, Max; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: Using Full Duplex Relaying to Reduce Physical Layer Latency in Platooning. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Los Angeles, CA, Dec. 2019
- Amjad, Muhammad Sohaib; Tebruegge, Claas; Memedi, Agon; Kruse, Stephan; Kress, Christian; Scheyt, Christoph; Dressler, Falko: An IEEE 802.11 Compliant SDR-based System for Vehicular Visible Light Communications. Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC 2019), Shanghai, China, May 2019
- Amjad; Muhammad Sohaib; Dressler, Falko: Experimental Insights on Software-based Real-Time SI Cancellation for In-Band Full Duplex DF Relays. Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC 2019), Shanghai, China, May 2019
- Blobel, Johannes: Energy Efficient Communication using Wake-up Receivers. Proceedings of International Conference on Networked Systems (NetSys 2019), PhD Forum, Munich, Germany, Mar. 2019
- Blumreiter, Mathias; Greenyer, Joel; Chiyah Garcia, Francisco Javier; Klös, Verena; Schwammberger, Maike; Sommer, Christoph; Vogelsang, Andreas; Wortmann, Andreas: Towards Self-Explainable Cyber-Physical Systems. Proceedings of 22nd IEEE/ACM International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2019), 14th International Workshop on Models@run.time (MRT 2019), Munich, Germany, Sep. 2019
- Bronner, Fabian; Dressler, Falko: Towards Mastering Complex Particle Movement and Tracking in Molecular Communication Simulation. Proceedings of 6th ACM International Conference on Nanoscale Computing and Communication (NANOCOM 2019), Poster Session, Dublin, Ireland, Sep. 2019, pp. 36:1 – 36:2
- Buse, Dominik S.; Dressler, Falko: Towards Real-Time Interactive V2X Simulation. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Los Angeles, CA, Dec. 2019
- Dressler, Falko; Klingler, Florian; Segata, Michele; Lo Cigno, Renato: Cooperative Driving and the Tactile Internet. Proceedings of the IEEE, vol. 107 (2), pp. 436 – 446, Feb. 2019
- Dressler, Falko; Mutschlechner, Margit; Nabeel, Muhammad; Blobel, Johannes: Ultra Low-Power Sensor Networks for Next Generation Wildlife Monitoring. Proceedings of 11th IEEE International Conference on Communication Systems and NetworkS (COMSNETS 2019), Bengaluru, India, Jan. 2019
- Dressler, Falko; Pannu, Gurjashan Singh; Hagenauer, Florian; Gerla, Mario; Higuchi, Takamasa; Altintas, Onur: Virtual Edge Computing Using Vehicular Micro Clouds. Proceedings of IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC 2019), Honolulu, HI, Feb. 2019
- Hagenauer, Florian; Higuchi, Takamasa; Altintas Onur; Dressler, Falko: Efficient Data Handling in Vehicular Micro Clouds. Elsevier Ad Hoc Networks, vol. 91, pp. 101871, Aug. 2019
- Harges, Tobias: Research Statement: Urban Platooning. Proceedings of International Conference on Networked Systems (NetSys 2019), PhD Forum, Munich, Germany, Mar. 2019
- Harges, Tobias; Sommer, Christoph: Dynamic Platoon Formation at Urban Intersections. Proceedings of 44th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2019), Poster Session, Osnabrück, Germany, Oct. 2019
- Harges, Tobias; Sommer, Christoph: Towards Heterogeneous Communication Strategies for Urban Platooning at Intersections. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Los Angeles, CA, Dec. 2019
- Haselmayr, Werner; Springer, Andreas; Fischer, Georg; Alexiou, Christoph; Boche, Holger; Hoehner, Peter A.; Dressler, Falko; Schober, Robert: Integration of Molecular Communications into Future Generation Wireless Networks. Proceedings of 1st 6G Wireless Summit, Levi, Finland, Mar. 2019
- Hattab, Ghaith; Ucar, Seyhan; Higuchi, Takamasa; Altintas, Onur; Dressler, Falko; Cabric, Danijela: Optimized Assignment of Computational Tasks in Vehicular Micro Clouds. Proceedings of 14th ACM European Conference on Computer Systems (EuroSys 2019), 2nd ACM International Workshop on Edge Systems, Analytics and Networking (EdgeSys 2019), Dresden, Germany, Mar. 2019, pp. 1 – 6
- Heinovski, Julian: Platoon Formation: Car-to-Platoon Assignments for Individual Cars. Proceedings of International Conference on Networked Systems (NetSys 2019), PhD Forum, Munich, Germany, Mar. 2019
- Heinovski, Julian; Stratmann, Lukas; Buse, Dominik S.; Klingler, Florian; Franke, Mario; Oczko, Marie-Christin H.; Sommer, Christoph; Scharlau, Ingrid; Dressler, Falko: Modeling Cycling Behavior to Improve Bicyclists' Safety at Intersections – A Networking Perspective. Proceedings of 20th IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2019), Washington, D.C., Jun. 2019
- Henning, Sven; Buse, Dominik S.; Franke, Mario; Trächtler, Ansgar; Gausemeier, Sandra; Dressler, Falko: Proof-of-Concept einer komplexen Co-Simulationsumgebung für einen Fahrsimulator zur Untersuchung von Car2X-Kommunikations-Szenarien. Proceedings of 9. VDI/VDE Fachtagung „AUTOREG 2019 – Automatisiertes Fahren und vernetzte Mobilität“, Mannheim, Germany, Jul. 2019
- Higuchi, Takamasa; Rabsatt, R. Vince; Gerla, Mario; Altintas, Onur; Dressler, Falko: Cooperative Downloading in Vehicular Heterogeneous Networks at the Edge. Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2019), Workshop on New and Disruptive Technologies and Applications for Mobile Edge/Fog Computing (MobileEdgeCom 2019), Waikoloa, HI, Dec. 2019
- Klingler, Florian; Cohen, Reuven; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: Bloom Hopping: Bloom filter based 2-Hop Neighbor Management in VANETs. IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 18 (3), pp. 534 – 545, Mar. 2019
- Klingler, Florian; Dressler, Falko: Jamming WLAN Data Frames and Acknowledgments using Commodity Hardware. Proceedings of 38th

IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM 2019), Poster Session, Paris, France, Apr. 2019

Nabeel, Muhammad; Dressler, Falko: Turning Sensor Networks into Distributed Antenna Arrays for Improved Communication Performance. IEEE Communications Magazine, vol. 57 (9), pp. 100 – 105, Sep. 2019

Nabeel, Muhammad; Singh, Vishal Kumar; Dressler, Falko: Efficient Data Gathering for Decentralized Diversity Combining in Heterogeneous Sensor Networks. Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2019), Marrakesh, Morocco, Apr. 2019

Nguyen, Quang-Huy; Morold, Michel; David, Klaus; Dressler, Falko: Adaptive Safety Context Information for Vulnerable Road Users with MEC Support. Proceedings of 15th IEEE/IFIP Conference on Wireless On demand Network Systems and Services (WONS 2019), Wengen, Switzerland, Jan. 2019, pp. 28 – 35

Pannu, Gurjashan Singh; Hagenauer, Florian; Higuchi, Takamasa; Altintas, Onur; Dressler, Falko: Keeping Data Alive: Communication Across Vehicular Micro Clouds. Proceedings of 20th IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2019), Washington, D.C., Jun. 2019

Pannu, Gurjashan Singh; López Altet, Jorge Luis; Higuchi, Takamasa; Ucar, Seyhan; Altintas, Onur; Dressler, Falko: Making It Real – Virtual Edge Computing in a 3D Driving Simulator. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Poster Session, Los Angeles, CA, Dec. 2019

Ripperger, Simon P.; Carter, Gerald G.; Page, Rachel A.; Duda, Niklas; Koelpin, Alexander; Weigel, Robert; Hartmann, Markus; Nowak, Thorsten; Thielecke, Joern; Schadhauer, Michael; Robert, Joerg; Herbst, Sebastian; Meyer-Wegener, Klaus; Waegemann, Peter; Schroeder-Preikschat, Wolfgang; Cassens, Björn; Kapitza, Ruediger; Dressler, Falko; Mayer, Frieder: Thinking small: next-generation sensor networks close the size gap in vertebrate bio-logging. bioRxiv, Preprint, 767749, Sep. 2019

Schettler, Max: Heterogeneous Communication in Cooperative Driving Applications. Procee-

dings of International Conference on Networked Systems (NetSys 2019), PhD Forum, Munich, Germany, Mar. 2019

Schettler, Max; Memedi, Agon; Dressler, Falko: Deeply Integrating Visible Light and Radio Communication for Ultra-High Reliable Platooning. Proceedings of 15th IEEE/IFIP Conference on Wireless On demand Network Systems and Services (WONS 2019), Wengen, Switzerland, Jan. 2019, pp. 36 – 43

Schettler, Max; Memedi, Agon; Dressler, Falko: The Chosen One: Combating VLC Interference in Platooning using Matrix Headlights. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Los Angeles, CA, Dec. 2019

Schoenberg, Sven; Dressler, Falko: Planning Ahead for EV: Total Travel Time Optimization for Electric Vehicles. Proceedings of 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2019), Auckland, New Zealand, Oct. 2019

Sommer, Christoph; Basagni, Stefano: Guest Editorial – Advances and Novel Applications of Mobile Wireless Networking. Elsevier Ad Hoc Networks, Advances and Novel Applications of Mobile Wireless Networking, vol. 95, Dec. 2019

Sommer, Christoph; Eckhoff, David; Brummer, Alexander; Buse, Dominik S.; Hagenauer, Florian; Joerer, Stefan; Segata, Michele: Veins – the open source vehicular network simulation framework. In: Recent Advances in Network Simulation, Virdis, Antonio; Kirsche, Michael (Eds.), Springer, 2019

Stratmann, Lukas; Buse, Dominik S.; Heinovski, Julian; Klingler, Florian; Sommer, Christoph; Tünnermann, Jan; Scharlau, Ingrid; Dressler, Falko: Psychological Feasibility of a Virtual Cycling Environment for Human-in-the-Loop Experiments. Proceedings of Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik (INFORMATIK 2019), 1st Workshop on ICT based Collision Avoidance for VRUs (ICT4VRU 2019), vol. LNI P-295, Kassel, Germany, Sep. 2019, pp. 185 – 194

Tebruegge, Claas; Memedi, Agon; Dressler, Falko: Empirical Characterization of the NLOS Component for Vehicular Visible Light Communication. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Los Angeles, CA, Dec. 2019

Tebruegge, Claas; Memedi, Agon; Dressler, Falko: Reduced Multiuser-Interference for Vehicular VLC using SDMA and Matrix Headlights. Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2019), Waikoloa, HI, Dec. 2019

Tebruegge, Claas; Zhang, Qiaoshuang; Dressler, Falko: Optical Interference Reduction with Spatial Filtering Receiver for Vehicular Visible Light Communication. Proceedings of 22nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2019), Auckland, New Zealand, Oct. 2019

Turcanu, Ion; Engel, Thomas; Sommer, Christoph: Fog Seeding Strategies for Information-Centric Heterogeneous Vehicular Networks. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2019), Los Angeles, CA, Dec. 2019

## Promotionen PhD Theses

Felix Erlacher

### Efficient Intrusion Detection in High-Speed Networks

To keep today's computer networks up and running, it is paramount to detect all attacks and malicious activities contained in the network traffic. This makes network intrusion detection an integral part of every IT security strategy. In this PhD thesis we study the problem of intrusion detection in high-speed networks. To achieve sufficient accuracy, state-of-the-art Network Intrusion Detection Systems (NIDS) apply performance intensive procedures like Deep Packet Inspection (DPI)-methods on network packets and, thus, can not cope with the traffic rates in high-throughput networks. The fact that high-throughput connections are nowadays widespread even in smaller corporate or campus networks, stresses for more efficient detection approaches. This thesis proposes novel methods for efficient intrusion detection in such scenarios. In order to get an understanding of today's threat landscape, we give an overview of the attacks which arose with the introduction of the so called Web 2.0. We analyze current mitigation techniques and point out open research problems. Further, we present an approach which increases the efficiency of anomaly-based NIDS by combining multiple anomaly detection algorithms on a single computer. Our

novel load allocation scheme mitigates random packet drops caused by the high performance-demand of the combined algorithms. To increase the network throughput performance of network monitoring appliances in general and NIDS in particular, we propose two methods for preprocessing HTTP traffic before analysis. We show that both approaches significantly reduce the data portion to be analyzed while retaining the relevant parts for intrusion detection. Then we present our novel signature-based NIDS called FIXIDS, which takes as input HTTP-enriched IPFIX Flows. By applying HTTP-related signatures from the widely used NIDS Snort, it guarantees that thousands of up-to-date and community validated attack descriptions are available. Results show that FIXIDS is able to analyze the HTTP-portion of typical internet traffic even at rates of more than 9.5 Gbit/s. In the final contribution we propose a malicious HTTP traffic generator for NIDS evaluation called GENESIDS. It uses Snort signatures as attack descriptions. The evaluation shows that GENESIDS reliably generates a variety of more than 8000 different attacks. Summarizing, we strongly believe that the above contributions significantly increase the efficiency of NIDS in modern high-speed networks.

Florian Hagenauer

#### **An Architecture for Connected Cars Providing Virtual Infrastructure and Services**

Since multiple decades, smart cities are envisioned to provide benefits to their inhabitants, e.g., an improved quality of life, economic growth, and even a sustainable environment. These benefits are enabled by a wide range of building blocks, including Information and Communication Technologies as well as smart mobility concepts. Both of them can be provided by connected cars. Such vehicles with communication, processing, and storage resources are currently introduced into the market. In this PhD. thesis, we propose two ways in which connected cars are able to show their potential. First, by using them to provide efficiency and infotainment services for drivers and non-drivers alike. Second, by making these cars replace and complement communication infrastructure, i.e., by providing Virtual Infrastructure. A core idea is to group connected cars in proximity and form so-called Vehicular Clouds. Our contributions answer research questions regarding cloud access, service discovery and use, as well as resource utilization. In our first contribution, we investigate connected

cars as an information hub for smart cities. We propose an architecture enabling the discovery and usage of services. The evaluation indicates that our presented approaches work well, even with a low penetration rate of equipped vehicles. Furthermore, we extend the concept to freeways by adding support for long-distance service discovery. The second contribution discusses how cars can be used to provide virtual networking infrastructure. We explore how vehicular clouds, formed along streets and in parking lots, enable long-lasting connections to passing cars. Finally, in our third contributions, we investigate clouds formed using moving cars and how they manage data. Beside algorithms used for forming these clouds at geographic locations, we outline two core data management services to offload storage from a data center and collect aggregated data. Throughout our investigation, we discuss multiple improvements for these services, reducing their resource usage and enhancing their performance. To summarize, the presented architectures show that resources from connected cars are well-suited to support users in discovering and utilizing services. Further, parked connected cars are, due to the resources they can provide, indeed an alternative to building new infrastructure.

Muhammad Nabeel

#### **Reliable Communication in Distributed Sensor Networks**

Sensor networks have gained considerable attention in the past due to their self-organized operation. In this PhD thesis, we target those heterogeneous sensor networks in which backbone (or ground) nodes establish a core network to deliver data to a sink, whereas mobile nodes transmit both localization and encounter information to this backbone network. In the case of errors, the transmitted information is lost and thus needs to be retransmitted. Considering extremely energy-constrained nodes (having weight of less than 2 g), such retransmissions are quite expensive. Hence, we focus on improving the energy-efficiency and communication reliability in such ultra-low power sensor networks. We begin this thesis by investigating the potential of using a square sub-carrier modulation alongside Binary Phase-Shift Keying (BPSK) to transmit localization and data information simultaneously at a single carrier. To assess the performance in both simulations and practical experiments, we develop the whole system in a Software Defined Radio (SDR)-based platform. Our results show that the

sub-carrier modulation performs only marginally worse than the BPSK, however, using both of them together saves energy at the mobile node. We then turn our attention towards improved communication reliability. For that, we exploit the distributed nature of the ground network and use it as a distributed antenna array to apply diversity combining. In order to employ receive diversity efficiently, we propose the concept of selective sample forwarding. We build upon our SDR-based implementation and experimentally show that the proposed approach improves the Packet Delivery Rate (PDR) by more than 10 % in comparison to not using diversity combining at all. Finally, we address the cost of forwarding the received information through the ground network to a central sink, where diversity combining is applied. We explore a tree-based algorithm that realizes diversity combining early in the network at local ground nodes rather than at the sink. Our results demonstrate that the proposed algorithm outperforms the naïve centralized solution in terms of energy-consumption, channel utilization, and data rate required in the ground network.

#### **Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars**

##### **IEEE MASS 2019**

16th IEEE International Conference on Mobile Ad-Hoc and Smart Systems  
04. – 07.11.2019, Monterey, CA, USA

##### **ICT4VRU**

1st Workshop on ICT based Collision Avoidance for VRUs held in conjunction with INFORMATIK 2019 (49. GI-Jahrestagung INFORMATIK)  
23. – 26.09.2019, Kassel, Germany

##### **AlgoSensors 2019**

15th International Symposium on Algorithms and Experiments for Wireless Networks  
13. – 14.09.2019, Munich, Germany

##### **ACM TOP-Cars 2019**

1st ACM Workshop on Technologies, mOdelS, and Protocols for Cooperative Connected Cars held in conjunction with ACM MobiHoc 2019 (20th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing)  
02. – 05.07.2019, Catania, Italy



**IEEE SECON 2019**

16th IEEE International Conference on Sensing, Communication and Networking  
09. – 12.06.2019, Boston, MA

**IEEE INFOCOM 2019**

38th IEEE Conference on Computer Communications  
29.04. – 02.05.2019, Paris, France

**IEEE/IFIP WD 2019**

11th Wireless Days Conference  
24. – 26.04.2019, Manchester, UK

**Patente, Preise, Auszeichnungen****Patents, prizes, awards**

- Fulbright Fellowship for Agon Memedi: Agon Memedi has been awarded a Fulbright scholarship – the flagship international exchange program of the U.S. He will spend one academic year in the Electrical and Computer Engineering Department at University of California, Los Angeles (UCLA), conducting research on Vehicular Visible Light Communications.

**Weitere Funktionen Prof. Dressler****Additional functions Prof. Dressler**

- Editor (since 2019): IEEE/ACM Transactions on Networking
- Associate Editor (since 2017): IEEE Transactions on Network Science and Engineering
- Associate Editor (since 2017): CCF Transactions on Networking
- Associate Editor-in-Chief (since 2016): Elsevier Computer Communications
- Associate Editor (2013 - 2019): IEEE Transactions on Mobile Computing
- Editorial Board (since 2009): Elsevier Nano Communication Networks
- Editorial Board (since 2008): Elsevier Ad Hoc Network
- Steering Committee (since 2018): IEEE INFOCOM (IEEE Conference on Computer Communications)
- Co-Chair (since 2018): IEEE Tactile Internet Technical Committee
- Executive Committee (since 2017): ACM SIGMOBILE (elected treasurer 2017-2021)
- Executive Board (since 2016): L-LAB („Light Laboratory“ between the Paderborn University and Hella KGaA)

- Board of Directors (since 2016): Heinz Nixdorf Institute
- Steering Committee (since 2016): IEEE VNC (IEEE Vehicular Networking Conference)
- Steering Committee (since 2012): IEEE/IFIP WONS (IEEE/IFIP Annual Conference on Wireless On demand Network Systems and Services)
- Steering Board (since 2009): GI/ITG KuVS (German Society for Communication and Distributed Systems)

**Weitere Funktionen Jun.-Prof. Sommer**  
**Additional functions Jun.-Prof. Sommer**

- Editorial Board, ACM/Springer Wireless Networks (WINET)
- Area Editor, Elsevier Computer Communications (COMCOM)
- Associate Editor, IET Networks (IET-NET)
- Elected steering board member 2017 – 2021, GI/ITG KuVS (German Society for Communication and Distributed Systems)
- Elected steering committee member 2019, Eclipse openMobility (Eclipse working group for modeling and simulation of mobile systems)

**Aktuelle Forschungsprojekte****Current research projects****Hy-Nets4all – Simulation Platform for Optimized Electric Driving**

The objective of the Hy-Nets4all project is to develop a holistic development and validation platform, which is supporting the development of connected automated vehicles and their components. The focus is on electric cars in urban driving scenarios. The project builds upon the results of the initial Hy-Nets project.

*Partners: dSPACE GmbH, DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH, Institute for Combustion Engines VKA, RWTH Aachen*  
*Funding: EU/EFRE.NRW*  
*Term: 2019 – 2022*

**NaBoCom: Connecting in-body nano communication with body area networks**

Research and development on sensor networks and body area networks has gained increased maturity in recent years. Yet, in-body nano-networks built from nanodevices represent a new and fascinating direction of research, extending upon and going well beyond sensor

networks. The vision of these networks is that nanodevices (nanoscale devices), for example, patrol the body, take measurements wherever necessary, and send collected data to the outside. Even better, these machines may immediately work on problems they detect within the body, such as cancer cells, arteriosclerosis, or HI viruses. While the in-body nanonetwork research community is still young, a number of concepts has already been presented on how to organize the communication in such networks. Even though these have not been realized in large-scale experiments or applications yet, it now makes sense to start research in a broader spectrum, looking both at techniques to bring nano communications to the real world and at further aspects such as higher-level protocols, algorithmic issues, as well as applications. In this proposal, we are looking at biomedical applications with a focus on the necessary integration of in-body nano communication with out-of-body IT infrastructures, resulting in the so-called Internet of Nano Things (IoNT). It has three major objectives: First, as a technical base for further research, we plan to design a reference architecture for the IoNT, specifically looking at connecting in-body nanonetworks to body area networks and further IT infrastructures. Secondly, we want to achieve first research results focusing on important base technologies for IoNT, particularly naming and addressing, reliability and real-time capabilities, and finally localization. Finally, since real-world experimentation in nano communication is still far from becoming reality, but we still need to evaluate our results (and those of others), we will develop a simulator, which allows to simulate numerous scenarios including body area networks and in-body nanonetworks. We explicitly focus our ambitions on more abstract problems, which greatly benefit from previous works in computer science and networking rather than reinventing signal processing.

*Partners: Paderborn University, University of Lübeck*

*Funding: German Research Foundation (DFG)*  
*Term: 2019 – 2021*

**PANDA – Precise Attack Detection for Network Domains by Application Classification**

The detection of attacks on large administrative network domains, e.g., an enterprise network consisting of multiple subnets, is nowadays usually accomplished centrally by analyzing the data traffic on the uplink to the

Internet. This allows detecting attacks from the Internet, but has substantial disadvantages. Insider attacks cannot be detected, no matter if they are initiated deliberately or triggered by compromised (private) devices. A network-wide distributed monitoring would be a useful alternative to established procedures, but it faces a number of still unsolved problems: 1) Data rates in the subnets are sporadically very high and often highly variable (e.g., load peaks of up to 10 Gbit/s); 2) High data rates along with the standard configurations typically used for monitoring usually imply high false alarm rates; 3) Data traffic is increasingly encrypted and eludes traditional analysis methods; 4) The increased deployment of virtualization technologies, such as virtual machines and networks, establishes areas that are inaccessible for monitoring measures.

When performing security monitoring usually flow aggregation and deep packet inspection (DPI) are carried out separately. Flow analysis so far considers only accounting information up to the transport layer. New technologies, such as virtual networks, dilute transport layer information resulting from flow aggregation because same IP addresses now represent different systems. In addition, new protocols, such as HTTP/2, further complicate the analysis process because additional context is often missing, e.g., single connection or multiplexing. Likewise, the DPI often runs into the void, since there is no contextual information regarding the observed application. In the proposed research project, the methods of flow aggregation and DPI will be used complementarily. Key aspects of the investigations are a significant reduction of the data volume to be analyzed at the network sensor, the examination of alarm relevance, the monitoring of data flows also in virtual environments, analyses of cryptographic traffic to infer supported applications and applied protocols, and methods for cooperative analysis within the administrative domain. Problems to be solved include, inter alia, an accurate identification of applications (including observed protocol dialects, if distinguishable) providing context for the DPI to allow a dynamic adaptation of the signature bases to the context, an efficient aggregation of security information from the application layer to AppFlows to allow analysis relocations, the aggregation of information beneath the network layer to enable the integration of virtual systems into the monitoring, and the extraction of parameters from initiating handshakes

during connection establishment of encrypted channels to detect vulnerabilities raised by outdated crypto methods.

*Partners: Paderborn University, BTU Cottbus  
Funding: German Research Foundation (DFG)  
Term: 2019 – 2022*

#### **EWI – Energy efficient WLAN for IoT**

In recent years wake-up receivers have shown to be a promising technique to achieve ultras-low power communication in wireless sensor networks. In this project we study the feasibility of using this technique to make Wireless LAN (WLAN) more power efficient. Instead of using the duty-cycling approach of the normal power save mode, we add an additional wake-up receiver to the mobile stations. If an accesspoint gets new data for a station in sleep mode, it can use this receiver to wake the station up and immediately send the packets. This technique achieves lower power consumption and lower delays compared to existing solutions. We study our proposed system by building hardware prototypes in conjunction with extensive simulations.

*Partners: Paderborn University, Software AG  
Funding: BMBF  
Term: 2018 – 2020*

#### **MAMOKO – Macroscopic Molecular Communication**

This project aims at the development of molecular communication concepts for industrial applications.

*Partners: Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, TU Munich, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Technical University Kaiserslautern, Paderborn University  
Funding: BMBF  
Term: 2018 – 2021*

#### **RADCOM-HETNET – Integration of Radar-based Communication in Heterogeneous Vehicular Networks for Cooperatively Interacting Cars**

Cooperative interacting vehicles require mutual coordination and communication between traffic participants, e.g., for realizing cooperative awareness and cooperative trajectory and maneuver planning. As a basis, the IEEE 802.11p communication protocol has been standardized. A fundamental problem for several applications, however, is the shared use of the radio channel (or even multiple radio channels) for a multitude of applications. It has been shown in the literature that the use of shared radio channels for safety-relevant and real-time applications is

a problematic issue. We address this problem using platooning and intersection management as sample applications in our proposal. In consequence, new methods are required for realizing time-critical cooperative interaction between vehicles relying on the real-time exchange of sensor information across several vehicles using a secure channel. Furthermore, this communication channel needs to be realized in a technologically attractive way. In the scope of the proposed research project RADCOM-HETNET we address this challenge by using automotive radar sensors as available in today's vehicles for simultaneous ranging and communication (RADCOM). We particularly focus on the realization of a reliable channel that supports real-time communication. Here, we use the properties of novel spread-spectrum radar systems operating in the 77-81 GHz automotive radar frequency bands. These radar systems are very attractive for automotive applications from a technological viewpoint and offer the potential for simultaneous data transmission. In the framework of an interdisciplinary and integrative approach, we examine the communication-theoretic and technological realization of such a RADCOM system, its integration into a heterogeneous vehicular network (HETNET), as well as the cooperative interaction of vehicles based on the RADCOM-HETNET approach for the application scenarios platooning and intersection management. Our novel heterogeneous approach allows to exploit synergies between the complementary communication technologies and hence to efficiently address the challenges of network monitoring, user synchronization, and vehicle coordination. In the proposed research project, we start by realizing a holistic, modular, and integrative simulation environment, allowing to continuously evaluating the influence of each module, even down to the influence of the automotive radar antennas and electromagnetic propagation, onto the overall system and the addressed applications platooning and intersection management during the project duration. Based on this simulation environment, we then investigate and research the sub-modules necessary for enabling RADCOM, for its integration into a heterogeneous inter-vehicle communication network, and for implementing novel cooperative vehicular interaction based on RADCOM-HETNETS.

*Partners: Paderborn University, FAU Erlangen  
Funding: DFG  
Term: 2018 – 2020*

**SPEAR – Smart Prognosis of Energy with Allocation of Resources**

SPEAR aims to develop a flexible optimization platform that helps to optimize a broad spectrum of industrial production processes in terms of energy-related aspects. The platform will be used to optimize the energy of existing or new production plants. SPEAR's main innovative aspect is the mirroring of the production plant's energy consumption by simulating extended behaviour models of production components and plants on low-cost hardware.

*Partners: Abalia, ÅF-Industry AB, Aktas Holding, Algoryx Simulation, Autoproc GmbH & Co. KG, EKS InTec GmbH, ENTES Elektronik Cihazlar İmalat ve Ticaret A.Ş., Experis ManpowerGroup, S.L.U., FFT Produktionssysteme GmbH + Co.KG, IDEPA INDÚSTRIA DE PASSAMANARIAS, LDA, ISEP-GECAD, let's dev GmbH & Co. KG, Reeb-Engineering GmbH, Ruhr-Universität Bochum, Sensing & Control Systems S.L., SISTRADE Software Consulting, S.A., Technische Universität Berlin, TWT GmbH Science & Innovation, University of Madrid Carlos III, Paderborn University, Chalmers tekniska högskola AB, Volvo Car Corporation*  
*Funding: BMBF, ITEA 3*  
*Term: 2017–2020*

**Car2DC – Hierarchical Vehicular Cloud Computing**

Establish grand design and technological elements of the Hierarchical Vehicle Cloud platform, which flexibly and dynamically integrates data centers, physical / virtual edge servers, and vehicles to provide ICT services not only for drivers but also for non-driver users, meeting their diverse requirements of performance and cost.

*Partners: Network Research Laboratory, University of California, Los Angeles*  
*Funding: Toyota InfoTechnology Center, USA, Inc., Mountain View, CA*  
*Term: 2017–2020*

**Safety4Bikes – Safety assistance system for cycling kids**

This project aims at the development of assistance system functionalities to improve the safety of kids on bicycles using behavior prediction and wireless communication technologies.

*Partners: GeoMobile GmbH, Carl von Ossietzky University Oldenburg, Gesellschaft für empirische soziologische Forschung e. V., OFFIS e. V., UVEX SPORTS GROUP GmbH & Co. KG, Valtech*

*GmbH, PFAU Tec GmbH*

*Funding: BMBF*

*Term: 2017–2020*

**APPSTACLE – open standard APplication Platform for carS and TrAnsportation vehiCLES**

Today automotive software-intensive systems are developed in silos by each car manufacturer or original equipment manufacturer (OEM) in-house. This approach cannot meet the long-term challenges of the industry. One solution is to establish a standard car-to-cloud connection, open for external applications and the use of open source software wherever possible without compromising safety and security. The APPSTACLE result will include an open and secure cloud platform that interconnects a wide range of vehicles to the cloud via open in-car and Internet connection and is supported by an integrated open source software development ecosystem.

*Partners: Assystem Germany GmbH, Germany, BHTC, Germany, Bosch Software Innovations GmbH, Germany, Dortmund University of Applied Sciences and Arts, Germany, Eclipse Foundation Europe GmbH, Germany, Eindhoven University of Technology, Netherlands, Ericsson, Finland, Fraunhofer, Germany, Haltian Oy, Finland, KoçSistem, Turkey, Link Motion, Finland, NETAS, Turkey, NXP Semiconductors, Netherlands, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway, Otakar, Turkey, Robert Bosch GmbH, Germany, SecurityMatters BV, Netherlands, Technolution, Netherlands, Tieto, Finland, University of Oulu, Finland, Paderborn University, Germany, taskit GmbH, Germany*  
*Funding: BMBF*  
*Term: 2017–2019*

**V-VLC – Visible Light based Vehicular Communication**

Visible light represents a new communication opportunity for vehicular networking applications. Compared to RF-based communications, VLC offers robustness against jamming attacks, a smaller interference domain, and a huge license-free spectrum. On the other hand, in outdoor scenarios such as car-to-car communication, VLC is susceptible to ambient light and weather conditions. In our research, we focus on the lower layers, working on circuit design and prototypes to enable vehicle-to-vehicle communication using real vehicular lighting modules, as well as on higher layers, working on medium access schemes in the vehicular domain. This work is accompanied by research

on simulation techniques to assess protocols and concepts of Visible Light based Vehicular Communication.

*Partners: E-Lab (HELLA Group), Lippstadt, Germany*

*Funding: funded in part by E-Lab (HELLA Group), collaboration with National Taiwan University (NTU)*

*Term: since 2016*

**BATS – Dynamically adaptive applications for bat localization using embedded communicating sensor systems**

Within DFG research group BATS (Dynamic Adaptable Applications for Bats Tracking by Embedded Communicating Systems), this project focuses on challenges related to the efficient communication with integrated self-organizing data management in highly dynamic sensor networks. The communication primitives to be developed primarily target the operation with limited energy and other systems resources.

*Partners: Paderborn University, FAU Erlangen, Museum für Naturkunde, Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science, Humboldt University Berlin, TU Braunschweig*  
*Funding: German Research Foundation (DFG)*  
*Term: 2012–2019*

**Wireless Tractors**

The primary objective of this project is to model crop fields in the agricultural context in order to allow simulation of next generation wireless networks to support applications for agricultural vehicles.

*Funding: CLAAS E-Systems GmbH*  
*Term: 2019*

**Offloading Strategies for Energy Efficient Smartphone**

One possible solution to deal with the continued growth of mobile data and reduce the pressure on battery capability is to use data offloading. We mainly focus on the network parameters that affect the offloading performance. An aim of this research is also to investigate if it is possible to build up an energy consumption model that support making offloading decision for energy efficiency.

*Funding: VIED (Vietnam International Education Development)*  
*Term: 2015–2019*

**Hy-Nets - Efficient Hybrid Propulsion using Vehicular Networks**

The objective of the Hy-Nets project is to deve-

lop a novel approach for improving the resource and energy efficiency of connected hybrid cars: hybrid propulsions on a test bench will be coupled with an environmental simulation of the vehicles as well as of the communication between the connected cars. This way, new insights can be derived of their influence in realistic city environments.

*Partners: dSPACE GmbH, DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH, Distributed Embedded Systems, Department of Computer Science, Paderborn University, Institute for Combustion Engines VKA, RWTH Aachen, City of Paderborn (associated partner), Ingenieurbüro Geiger & Hamburgier (associated partner)*

*Funding: EU/EFRE.NRW*

*Term: 2016 – 2019*

#### **RESIBES – Disaster-resilience by helper networks for emergency response**

RESIBES aims to increase community resilience by involving private persons, nonprofit associations or companies in a coordinated crisis response. RESIBES investigates how to establish helper networks prior to eventual disasters and how to make use of the human and material resources provided by these networks and eventual additional spontaneous helpers in crisis response.

*Partners: Deutsches Rotes Kreuz, Frankfurt am Main, Atos IT Solutions and Services GmbH mainis IT-Service GmbH, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, C-LAB und Heinz-Nixdorf Institut, Paderborn University*

*Funding: BMBF*

*Term: 2016 – 2019*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- CLAAS E-Systems GmbH
- DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH
- dSPACE GmbH
- GeoMobile GmbH
- HELLA GmbH & Co. KGaA
- Lödige Systems GmbH
- PFAU Tec GmbH
- Toyota InfoTechnology Center, USA, Inc.
- UVEX SPORTS GROUP GmbH & Co. KG
- Valtech GmbH

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Prof. Danijela Cabric, University of California, Los Angeles, USA
- Prof. Jiannong Cao, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China
- Prof. Xiuzhen Cheng, George Washington University, USA + Shandong University, China
- Prof. Carla Chiasserini, Politecnico Torino, Italy
- Prof. Klaus David, University of Kassel, Germany
- Prof. Hartmut König, BTU Cottbus, Germany
- Prof. Renato Lo Cigno, University of Trento, Italy
- Prof. Gianluca Rizzo, HES SO, Switzerland
- Prof. Robert Schober, FAU Erlangen, Germany
- Prof. Michael Tsai, National Taiwan University, Taiwan
- Prof. Robert Weigel, FAU Erlangen, Germany
- Prof. Dongxiao Yu, Shandong University, China

## Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

## Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

### Publikationen Publications

Eckelt, Daniel; Bismark, Ronny; Dumitrescu, Roman; Frank, Maximilian; Gausemeier, Jürgen; Reinhold, Jannik: Strategische Planung des Wertschöpfungsbeitrags von HELLA für automatisiertes Fahren von morgen. In: Gausemeier, Jürgen; Bauer, Wilhelm; Dumitrescu, Roman (Hrsg.) Vorausschau und Technologieplanung, Band 390, S. 535 – 555, Nov. 2019 Heinz Nixdorf Institut

Frank, Maximilian; Rabe, Martin; Koldewey, Christian; Dumitrescu, Roman; Gausemeier, Jürgen; Hennig-Cardinal von Widdern, Nils; Reinhold, Jannik: Classification-based Planning of Smart Service Portfolios. In: Proceedings of the ISPIIM connects, Apr. 2019 International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM), International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM)

Gausemeier, Jürgen; Guggemos, Michael; Kreimeyer, Andreas; Lange, Thomas; Behrens, Jan Henning; Seitz, Ralph; Ortloff, Luise; Frey, Anna; Dachsberger, Stephanie; Drewel, Marvin; Frank, Maximilian: Nationales Kompetenz-Monitoring - Bericht: Energiespeichersysteme (Fokus Lithium-Ionen-Speicher). acatech DISKUSSION, [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2019/02/acatech\\_NKM\\_Energiespeichersysteme\\_WEB-1.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2019/02/acatech_NKM_Energiespeichersysteme_WEB-1.pdf), Jan. 2019

Kahl, Björn; Kogan, Yevgen; Menzefricke, Joern Steffen: Servicerobotik kooperativ entwickeln. Computer & Automation, 9/19: S. 58 – 61, Sep. 2019

Koldewey, Christian; Dumitrescu, Roman: Strategie als Erfolgsfaktor. Service today, 4: S. 76 – 77, Okt. 2019

Koldewey, Christian; Evers, Hans Heinrich; Dumitrescu, Roman; Frank, Maximilian; Gausemeier, Jürgen; Reinhold, Jannik: Development Process for Smart Service Strategies. In: Bitran, Ian; Conn, Stefan; Gernreich, Chris; Heber, Michelle; Huizingh, K.R.E.; Kokshagina, Olga; Torkkeli, Marko; Tynhammar, Markus (Hrsg.) Proceedings of The XXX ISPIIM INNOVATION CONFERENCE, Band 93, Jun. 2019 International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM), ISPIIM Innovation Conference

Koldewey, Christian; Gausemeier, Jürgen; Fischer, Stefan; Kage, Martin: Entwicklung von Smart Service Strategien. In: Gausemeier, Jürgen; Bauer, Wilhelm; Dumitrescu, Roman (Hrsg.) Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Band 15, Nov. 2019 Heinz Nixdorf Institut

Koldewey, Christian; Reinhold, Jannik; Dumitrescu, Roman; Frank, Maximilian; Schweppe, Thomas; Melzer, Annegret: Gestaltung hybrider Wertschöpfung und Arbeit im Kontext von Smart Services. ZWF – Zeitschrift für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 114(6): S. 380 – 384, Jun. 2019

Koldewey, Christian; Reinhold, Jannik; Willmes, Georg; Michels, Jan Stefan: Smart Service-Innovationen – Gewusst wie. markt & wirtschaft westfalen – Das Wirtschaftsmagazin für zukunftsorientierte Unternehmer, 10. Okt. 2019

Massmann, Melina; Meyer, Maurice; Dumitrescu, Roman; von Enzberg, Sebastian; Frank, Maximilian; Koldewey, Christian; Kühn, Arno; Reinhold, Jannik: Significance and Challenges of Data-driven Product Generation and Retrofit Planning. In: Proceedings of the CIRP DESIGN, Mai 2019 (CIRP) Center for international research in production, Scientific Technical Committee Design of the International Academy for Production Engineering (CIRP)

Pierenkemper, Christoph; Reinhold, Jannik; Dumitrescu, Roman; Gausemeier, Jürgen: Erfolg versprechende Industrie 4.0-Zielposition – Ermittlung unter Berücksichtigung zukünftiger Umfeldentwicklungen. Industrie 4.0 Management, (5): S. 30 – 34, Okt. 2019

Plass, Christoph; Altemeier, Katharina; Frank, Maximilian; Jahnke, Ulrich; Steffen, Daniel: Prävention gegen Produktpiraterie – Innovationen schützen. Intelligente Technische Systeme – Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL, Springer-Verlag, 2019

Reinhold, Jannik; Frank, Maximilian; Koldewey, Christian; Dumitrescu, Roman; Gausemeier, Jürgen: Competence-based Planning of Value Networks for Smart Services. In: Proceedings of the ISPIIM Connects, Apr. 2019 International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM), International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM)

Wortmann, Fabio; Joppen, Robert; Drewel, Marvin; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Developing and Evaluating Concepts for a Digital Platform. In: Jain, K.; Sangle, S.; Gupta, R.; Persis, J.; Mukundan, R. (Hrsg.): IAMOT 2019 – Proceedings of the 28th International Association for Management of Technology Conference, Apr. 2019 International Association for Management of Technology (IAMOT), IAMOT

### Promotionen PhD Theses

Jörg Holtmann

#### Improvement of Software Requirements Quality based on Systems Engineering

Software-intensive systems increasingly pervade our society and economy, and their application in safety-critical contexts can even decide about life or death (e.g., driver assistance systems). Such systems are typically developed in a multidisciplinary manner, are often subject to real-time requirements, and are executed on distributed and concurrent platforms influencing their timing behavior. A high quality of the requirements on these systems' software is crucial, because the software requirements are the basis for the software design and development. The application of models in Requirements Engineering (RE) is considered beneficial, because they foster automatic analysis techniques that aim at ensuring high-quality requirements. However, existing model-based RE approaches take neither the transition from multidisciplinary to discipline-specific RE phases nor platform-induced timing effects during real-time requirements validation sufficiently into account. This results in potential software requirements defects introduced during the transition as well as costly development iterations due to timing analyses conducted in late engineering phases. This thesis proposes and evaluates a model-based RE approach that addresses these problems by means of two techniques. First, it presents a semi-automatic technique for the transition from multidisciplinary system models to software RE models. Second, it presents a technique for the semi-automatic verification of timing-relevant platform properties against real-time requirements as part of the software RE models. These contributions improve the quality of software requirements by reducing the likelihood to introduce requirements defects during the transition from multidisciplinary

ciplinary system to software RE models and by early revealing platform-induced real-time requirement violations. The thesis evaluates the approach by conducting case studies based on an automotive Vehicle-to-X driver assistance system example. These case studies indicate the effectiveness and efficiency of both techniques.

Martin Rabe

#### **Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme**

Viele Unternehmen des produzierenden Gewerbes stehen derzeit vor der Herausforderung sich wandelnder Marktleistungen und entwickeln sich vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister. Die Digitalisierung beschleunigt diesen Vorgang durch neue Möglichkeiten für das Angebot von Dienstleistungen. Smart Services sind Produkt-Service Systeme und kombinieren physische Produkte mit digitalen Dienstleistungen, welche auf den Daten des Produkts basieren. Beispiele sind vorausschauende Wartung und automatisierte Nachbestellung von Verbrauchsmitteln. Unternehmen stehen vor der Frage, wie sie ihr bestehendes Produkt mit Smart Services kombinieren können und neue Marktleistungen schaffen. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel der vorliegenden Arbeit eine Systematik zur Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme. Zentrum der Arbeit ist eine Referenzarchitektur, welche den Begriff Smart Service als Entwicklungsgegenstand greifbar macht. Es werden Aspekte und Beschreibungstechniken vorgeschlagen, mit denen Konzepte disziplinübergreifend und klar verständlich beschrieben werden. Eine Sammlung von Referenzbausteinen zeigt mögliche Lösungen und dient zur Inspiration und Orientierung. Die Bausteine können miteinander kombiniert und zu individuellen Konzepten ausgeprägt werden. Ein Vorgehensmodell zeigt den Weg von einem mechatronischen System zu Erfolg versprechenden Smart Service-Konzepten. Ein Anwendungsfall aus der Praxis demonstriert das Vorgehen.

Tobias Mittag

#### **Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen**

Mehr denn je kommt es darauf an, die technologischen Erfolgspotentiale der Digitalisierung in kurzer Zeit zu erschließen. Unternehmen forcieren hierbei vielfach einen Wandel vom Produzenten physischer Güter hin zu einem

produzierenden Dienstleister. Die Erstellung digital veredelter Marktleistungen rückt in den Fokus. Neuartige Geschäftsmodelle müssen umgesetzt und leistungsfähige Unternehmensstrukturen geschaffen werden. Etablierten Unternehmen fällt es jedoch häufig schwer, die bewährte Geschäftslogik und die historisch gewachsenen Wertschöpfungssysteme neu zu gestalten. Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen. Deren Basis bildet eine idealtypische Wertschöpfungsstruktur zur Analyse bestehender Strukturen sowie als Ausgangspunkt der Gestaltung. Grundlage dieser bilden Transformationstreiber. Sie beschreiben Grundbausteine von digitalisierten hybriden Marktleistungen, die in der zukünftigen Wertschöpfungsstruktur abgebildet werden müssen. Als Hilfsmittel zur Umsetzung werden Referenzlösungen bereitgestellt. Ein Vorgehensmodell und geeignete Werkzeuge unterstützen beim Einsatz der Systematik. Deren Anwendung erfolgt exemplarisch anhand eines Praxisbeispiels im Bereich der additiven Fertigung.

Anja Schierbaum

#### **Systematik zur Ableitung bedarfsgerechter Systems Engineering Leitfäden im Maschinenbau**

Der technologische Wandel und insbesondere die Informations- und Kommunikationstechnologie verändern die Erzeugnisse im Maschinenbau und damit auch die Produktentstehung. Die Systeme sind interdisziplinär und können nicht mehr aus dem Blickwinkel einer einzelnen Fachdisziplin entwickelt werden. Etablierte primär fachdisziplinorientierte Entwicklungsmethodiken stoßen an ihre Grenzen. Systems Engineering (SE) unterstützt die erforderliche fachgebietsübergreifende Herangehensweise und kann als Lösungsansatz dienen. SE ist nicht neu, trotzdem konnten bisher nur wenige Unternehmen des Maschinenbaus eine solche Herangehensweise umzusetzen. Daher bedarf es einer Systematik, die es den Unternehmen ermöglicht, einen ihrem Bedarf entsprechenden SE-Leitfaden abzuleiten. Dabei ist die Weiterentwicklung von SE zu berücksichtigen und Nutzenpotentiale sind aufzuzeigen. Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur Ableitung bedarfsgerechter SE-Leitfäden. Sie umfasst vier Bestandteile: 1) Eine Übersicht über Nutzenpotentiale des SE, 2) Ein Vorgehensmodell zur Ableitung von SE-Leitfäden, 3) Eine Bedarfsanalyse, die Unternehmen bei der Identifikation von Verbesserungspotentialen hinsichtlich

der interdisziplinären Produktentwicklung unterstützt, sowie 4) Ein Werkzeugkoffer zur Auswahl geeigneter Lösungen. Dieser stellt Prozessschritte, Methoden und Rollen sowie ihre Zusammenhänge bereit. Die Systematik unterstützt die Unternehmen, die Nutzenpotentiale des SE für ihren Bedarf zu identifizieren und entsprechende Methoden schrittweise zu implementieren. Die Anwendung der Systematik wird anhand eines Anwendungsfalls aus der Praxis demonstriert.

Alexander A. Albers

#### **Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produkt-generationenplanung**

Das produzierende Gewerbe ist immer häufiger von Commoditisierung betroffen. Dies äußert sich in zunehmend undifferenzierten Produkten. Die Folge ist ein harter Preiswettbewerb, der für Qualitätsführer nicht zu gewinnen ist. Indessen findet ein Wandel von mechatronischen hin zu intelligenten technischen Systemen statt. Dieser Wandel birgt enorme Nutzenpotentiale zur Produktdifferenzierung über Zusatzeigenschaften, die es durch die Produktfindung für neue Produktgenerationen zu erschließen gilt. Für die Suche und Auswahl von differenzierenden Zusatzeigenschaftsideen erscheint die Verwendung von bestehenden Systemmodellen und Informationen über Kunden vielversprechend. Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung. Diese unterstützt Unternehmen dabei, basierend auf der Analyse von Systemmodellen und Kunden erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen zu finden und auszuwählen. Die Systematik hat vier Bestandteile: Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung, Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung, Anforderungsprofil-Map zur kundenorientierten Ideenfindung sowie eine Bewertungsmethode für Zusatzeigenschaftsideen. Die Systematik wird exemplarisch anhand eines komplexen technischen Systems aus der Druckindustrie angewendet.

Meinolf Lukei

#### **Systematik zur integrativen Entwicklung von mechatronischen Produkten und deren Prüfmittel**

Bei der Produktion mechatronischer Systeme, welche oftmals modular aufgebaut sind, stellen Prüfungen der Produktqualität einen wesentlichen Bestandteil dar. Die dafür genutzten Prüfmittel sind dabei in der Regel ebenfalls (modulare) mechatronische Systeme. Diese

Prüfmittel werden häufig für diese Aufgabe mit großem Zeitaufwand konzipiert, entwickelt und produziert. Klassischerweise erfolgt die im Wesentlichen für (mechanische) Komponenten gedachte Prüfplanung sehr spät im Produktentstehungsprozess. Zur Prüfplanung ist die Prüfmittelauswahl, oder falls notwendig die Prüfmittelentwicklung, zugehörig. Das Prüfmittel wird nicht als wesentlicher Teil des Produktionssystems integrativ zum Produkt entwickelt. Die vorgestellte Systematik zur integrativen Entwicklung von mechatronischen Produkten und deren Prüfmittel soll Fachleute bei der Planung und Durchführung der Entwicklung von mechatronischen Produkten, deren Produktionssystemen und insbesondere der damit verbundenen Prüfmittelentwicklung, unterstützen. Die Prinziplösung mechatronischer Systeme – die oftmals auch im Sinne des Model-Based Systems Engineering (MBSE) genutzt wird – bildet dafür die Basis. Die Systematik beinhaltet einen generischen integrativen Entwicklungsprozess, der durch ein Systemmodell und Hilfsmittel, wie z. B. den Morphologischen Kasten und die für diesen Zweck angepasste Methode CONSENS, unterstützt wird. Weiterhin ist erläutert, wie der generische Prozess situationspezifisch an projekt- und unternehmensspezifische Randbedingungen ausgeprägt werden kann. Die Systematik wird an einem Industriebeispiel beschrieben; es handelt sich um ein Innovatives modulares Wechselrichtersystem (ImWR), für das ein modulares und erweiterbares Prüfmittel konzipiert wird.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

#### Kick-off KI-Marktplatz (Wettbewerbsphase)

Im Projekt KI-Marktplatz arbeiten Forschung, Industrie und das Technologienetzwerk it's OWL an einem digitalen Marktplatz für Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung. Im Rahmen der geförderten Wettbewerbsphase beim KI-Innovationswettbewerb des BMWi wurde ein schlagkräftiges Projektkonzept erarbeitet. Der Kick-off diente dem Projektstart zur Erarbeitung des genannten Konzepts.

8. Mai 2019, Paderborn, Germany

#### Kick-off SORISMA

Der Kick-off des Forschungsprojekts SORISMA diente der Vorstellung aller Projektbeteiligten sowie der Use-Cases der Anwenderunternehmen.

26. September 2019, Paderborn, Germany

#### Kick-off DizRuPt

Der Kick-off des Forschungsprojekts DizRuPt diente der Vorstellung aller Projektbeteiligten sowie der Use-Cases der Anwenderunternehmen.

24. Januar 2019, Paderborn, Germany

#### Kick-off IMPRESS

Der Kick-off des Forschungsprojekts IMPRESS diente der Vorstellung aller Projektbeteiligten sowie der Use-Cases der Anwenderunternehmen.

18. Januar 2019, Paderborn

#### Meilensteintreffen und interner Projektabschluss INLUMIA

Am 12. Juni 2019 fand im Heinz Nixdorf Institut das dritte und letzte Meilensteintreffen des Projekts INLUMIA – Instrumentarium zur Leistungssteigerung von Unternehmen durch Industrie 4.0 statt. Der Abschlussmeilenstein verschaffte Konsortium, Lenkungsreis und Projektträger einen umfassenden Überblick über die erzielten Projektergebnisse.

12. Juni 2019, Paderborn, Germany

#### Öffentlicher Projektabschluss INLUMIA

Am 27. Juni 2019 wurden die Ergebnisse des Projekts INLUMIA – Instrumentarium zur Leistungssteigerung von Unternehmen durch Industrie 4.0 im Rahmen der Fachgruppe Industrie 4.0 von Digital in NRW vorgestellt und in Workshops mit den teilnehmenden Industrievertretern erprobt.

27. Juni 2019, Minden, Germany

#### Klausurtagung Forschungskolleg

Auf der Klausurtagung des Forschungskollegs „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“ wurden alle Dissertationsprojekte vorgestellt und fachdisziplinübergreifende Synergien identifiziert.

28. – 29. März 2019, Blomberg, Germany

#### Konsortialtreffen Forschungskolleg

Auf dem Konsortialtreffen des Forschungskollegs „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“ werden aktuelle Ergebnisse der Dissertationsprojekte dem gesamten Konsortium vorgestellt.

14. November 2019, Paderborn, Germany

#### 15. 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.

21. – 22. November 2019, Berlin, Germany

#### 1. Meilensteintreffen DigiBus

Am 25. November 2019 fand der erste Meilenstein des Projekts DigiBus bei der UNITY AG in Büren statt. Dabei wurden aktuelle Forschungsergebnisse vorgestellt und diskutiert. Außerdem stellten die Anwenderunternehmen ihre bisher erzielten Ergebnisse vor.

25. November 2019, Büren, Germany

#### Weitere Funktionen Additional functions

- Direktor am Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik
- Geschäftsführer des Spitzencluster „Intelligente Technische Systeme OstWestfalen-Lippe“ – it's OWL
- Chairman des Advisory Boards der Two Pillars GmbH
- Mitglied Lenkungsreis „Digital in NRW – Kompetenz für den Mittelstand“ (Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum des Bundeswirtschaftsministeriums)
- Mitglied des Verwaltungsrates des RKW Kompetenzzentrums (RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V.) des Bundeswirtschaftsministeriums
- Vorsitz des VDE/VDI-Fachausschusses Mechatronisch Integrierte Baugruppen (MID) der Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM)
- Mitglied des Lenkungsreises der Initiative Wirtschaft & Arbeit 4.0 der NRW-Landesregierung
- Mitglied des Forschungsbeirates der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.
- Stellv. Vorsitzender des Forschungsbeirats der Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V.
- Mitglied des Executive-Development-Programmes „Fraunhofer Vintage Class“ der Fraunhofer-Gesellschaft
- Fachbeirat der Westfalen Weser Energie WWE GmbH & Co. KG
- Mitglied im Expertenkreis des Innovationsdialogs zwischen Bundesregierung, Wirtschaft und Wissenschaft
- Mitglied in der AG Geschäftsmodellinnovationen der Plattform Lernende Systeme

## Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

### **INLUMIA – Instrumentarium zur Leistungssteigerung von Unternehmen durch Industrie 4.0**

Ziel von INLUMIA ist die nachhaltige vorteilhafte Positionierung von Unternehmen des Maschinenbaus und verwandter Branchen im globalen Wettbewerb durch Industrie 4.0. Hierzu wird ein Instrumentarium zur Leistungssteigerung von Unternehmen durch Industrie 4.0 erarbeitet.  
*Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung NRW (EFRE.NRW)*  
*Laufzeit: 7/2016 – 6/2019*

### **LOMIS – Lifecycle Operation & Maintenance Improvement Services**

Zielsetzung des Projekts ist es, ein Instrumentarium zur kollaborativen Generierung, Entwicklung und Einführung neuer lebenszyklus-spezifischer MRO-Produkte und einen Baukasten mit Prozessen, Methoden, Werkzeugen sowie Geschäfts- und Kooperationsstrukturen zu schaffen und so eine Erhöhung der Angebots- und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Luftfahrtindustrie mit Breitenwirkung zu erreichen.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*  
*Laufzeit: 2017 – 2019*

### **SeRoNet – Eine Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von Serviceroboter-Lösungen**

Ziel des Projekts SeRoNet ist eine Plattform für Servicerobotik-Lösungen, die auch branchenfremden Unternehmen Zugang zu Domänenwissen und Wertschöpfungsnetzen der Servicerobotik verschafft.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*  
*Laufzeit: 2017 – 2021*

### **IMPRESS – Instrumentarium zur musterbasierten Planung hybrider Wertschöpfung und Arbeit zur Erbringung von Smart Services**

Ziel des Projekts ist ein Instrumentarium für die Transformation vom Produkthersteller zum Smart Service Anbieter, das Unternehmen dazu befähigt, die Transformation eigenständig und zielgerichtet zu gestalten. Dafür werden Methoden und Werkzeuge entwickelt, die auf Lösungsmustern beruhen. Diese zeigen dem Anwender bewährte Teillösungen zur Gestaltung der Wertschöpfung und Arbeit auf.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 2019 – 2022*

### **DizRuPt – Datengestützte Retrofit- und Generationenplanung im Maschinen- und Anlagenbau**

Ziel des Projektes DizRuPt ist ein Instrumentarium, das die erforderlichen Methoden und Werkzeuge zur datengestützten Retrofit- und Generationenplanung bereitstellt. Im Projekt werden zunächst Produkthypothesen entworfen, also Annahmen über die Produktnutzung und das Verhalten. Anschließend werden Datenanalyseverfahren geplant und eingesetzt, um die Hypothesen zu überprüfen oder neue Hypothesen aufzustellen. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden genutzt, um bestehende Funktionen zu hinterfragen und zukünftig relevante Funktionen der Produkte zu ermitteln.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 1/2019 – 12/2021*

### **SORISMA – Soziotechnisches Risikomanagement bei der Einführung von Industrie 4.0**

Bei der Einführung von Industrie 4.0 Lösungen werden die Unternehmen mit zahlreichen Risiken konfrontiert, welche den Menschen, die Technik sowie die Organisation gleichermaßen betreffen. In dem Forschungsprojekt SORISMA werden daher Methoden erarbeitet, die soziotechnische Zusammenhänge systematisch erschließen. Unternehmen werden befähigt, die Risiken bei der Einführung von Industrie 4.0 frühzeitig zu erkennen und zu minimieren.  
*Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung NRW (EFRE.NRW)*  
*Laufzeit: 7/2019 – 6/2022*

### **KI-Marktplatz – das Ökosystem für Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung**

Ziel des Projektes KI-Marktplatz ist die Konzipierung einer digitalen Plattform, welche Anbieter von KI-Anwendungen und produzierende Unternehmen zusammenbringt. Der Fokus liegt auf KI-Anwendungen, die bei der Produktplanung sowie der Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzipierung unterstützen können.  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*  
*Laufzeit: 1/2020 – 2/2022*

### **DigiBus – Digital Business**

Ziel des Projekts ist es, die Potenziale digitaler Plattformen für Unternehmen zu erschließen. Dabei wird ermittelt, welche Marktleistungen für das Plattformgeschäft geeignet sind, wie bestehende Plattformen genutzt werden können und welche Veränderungen in den Unternehmen erfolgen müssen. Aufbauend auf einem

Plattformradar werden unterschiedliche Referenz-Plattformstrategien für den Mittelstand erarbeitet. Ein Leitfaden soll Unternehmen unterstützen, ihre individuelle Strategie zu erarbeiten. Im Rahmen der Applikationsgestaltung werden zudem Rollenprofile und organisationale Strukturen entwickelt, die für den Aufbau einer Plattform erforderlich sind.  
*Förderinstitution: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen*  
*Laufzeit: 12/2018 – 11/2020*

## Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

### **Definition strategischer Stoßrichtungen für einen ausgewählten Markt**

Gegenstand war die Strukturierung eines ausgewählten Marktes eines bestimmten Geschäftsbereichs sowie die Definition zukünftiger Geschäftsfelder und strategischer Stoßrichtungen innerhalb dieses Marktes.  
Partner: Miele & Cie. KG  
*Laufzeit: 11/2018 – 6/2019*

### **Innovationswerkstatt Wintersemester 2018**

Im Rahmen der Innovationswerkstatt führten acht Studierende und zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in Kooperation mit der HELLA GmbH & Co. KGaA die strategische Planung des Wertschöpfungsbeitrags für ADAS-Systeme von morgen durch.  
Partner: HELLA GmbH & Co. KGaA  
*Laufzeit: 11/2018 – 3/2019*

### **Applikationsanalyse und Wertschöpfungsmodellierung für Freiläufe**

Gegenstand des Projekts war die Identifikation neuer Applikationsfelder und Applikationen für Freiläufe. Darauf aufbauend sollte das Wertschöpfungsmodell für eine ausgewählte Applikation modelliert werden.  
Partner: Rollax GmbH & Co. KG  
*Laufzeit: 07/2019 – 08/2019*

### **Innovationswerkstatt Wintersemester 2019**

Gegenstand ist die strategische Planung und Konzipierung einer neuem Marktleistung unter Einsatz der auf die Bedürfnisse des Unternehmens maßgeschneiderten Methoden und Werkzeuge der strategischen Produktplanung.  
Partner: Miele & Cie. KG  
*Laufzeit: 10/2019 – 3/2020*



**Erstellung einer vollständigen Wettbewerber-  
übersicht**

Erstellung einer vollständigen Wettbewerber-  
übersicht für das Unternehmens Felss Group  
GmbH. Die Wettbewerber werden nach  
ihren Produkt- und Produktionstechnologien  
klassifiziert und in detaillierten Steckbriefen  
beschrieben.

*Partner: Felss Group GmbH*

*Laufzeit: 06/2019 – 07/2019*

## Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

## Product Creation

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

### Publikationen Publications

- Duehr, Katharina; Kampermann, Jonas; Taplick, Patrick; Gräßler, Iris; Albers, Albert: Modellbasierte IKT-Selektion für Methodentätigkeiten in der standortverteilten Produktentwicklung. In: Corves, Burkhard; Gericke, Kilian; Grote, Karl-Heinrich; Lohrengel, Armin; Müller, Norbert; Nagarajah, Arun; Rieg, Frank; Schar, Gerhard; Stelzer, Ralph (Hrsg.) 17. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik: Agile Entwicklung physischer Produkte, S. 138–149, 1.–2. Okt. 2019, Publikationsserver der RWTH Aachen
- Gräßler, Iris; Hentze, Julian: Transformations in product development to enable globally distributed self-organizing production systems. In: Putnik, Goran D. (Hrsg.) *Procedia CIRP – Proceedings of the 29th CIRP Design Conference*, Band 84, S. 474–479, ISSN: 2212-8271, PROCIR-D-19-00359R1, Póvoa de Varzim, 8.–10. Mai 2019 CIRP (Centre for International Research in Production), Elsevier B.V.
- Gräßler, Iris; Oleff, Christian: Risikoorientierte Analyse und Handhabung von Anforderungsänderungen. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.) *Design fox X - Beiträge zum 30. DfX-Symposium September 2019*, Band 30, S. 49–60, Jesteburg, 18.–19. Sep. 2019
- Gräßler, Iris; Oleff, Christian; Hentze, Julian: Role Model for Systems Engineering Application. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Band 1, S. 1265–1274, Delft, The Netherlands, 5.–8. Aug. 2019 Design Society
- Gräßler, Iris; Oleff, Christian; Scholle, Philipp: Priorisierung von Anforderungen für die Entwicklung mechatronischer Systeme. In: Bertram, Torsten; Corves, Burkhard; Gräßler, Iris; Janschek, Klaus (Hrsg.) *Fachtagung Mechatronik 2019 Paderborn*, S. 1–6, 27.–28. Mrz. 2019
- Gräßler, Iris; Oleff, Christian; Taplick, Patrick: Augmented Reality für die Vermittlung von Systems Engineering. In: Bertram, Torsten; Corves, Burkhard; Gräßler, Iris; Janschek, Klaus (Hrsg.) *Fachtagung Mechatronik 2019 Paderborn*, S. 180–185, 27. Jan.–28. Mrz. 2019
- Gräßler, Iris; Pöhler, Alexander: Human-centric design of cyber-physical production systems. In: Putnik, Goran D. (Hrsg.) *Procedia CIRP – Proceedings of the 29th CIRP Design Conference*, Nr. 84, S. 251–256, ISSN: 2212-8271, PROCIR-D-19-00344R1, Póvoa de Varzim, 8.–10. Mai 2019 CIRP (Centre for International Research in Production), Elsevier B.V.
- Gräßler, Iris; Pöhler, Alexander: Simulation von Cyber-Physischen Produktionssystemen in einer Forschungsinfrastruktur. In: Bertram, Torsten; Corves, Burkhard; Gräßler, Iris; Janschek, Klaus (Hrsg.) *Fachtagung Mechatronik 2019 Paderborn*, S. 149–154, 27.–28. Mrz. 2019
- Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens; Kamann, Markus: Moderne Ausbildung für die Instandhaltung. Vortrag auf dem (Aus)Bildungskongress der Bundeswehr mit Forum Fernausbildung - Im Einsatz für die Gesellschaft – (Aus)Bildung für Einsatzkräfte der Zukunft, 3.–5. September 2019. Sep. 2019
- Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens; Taplick, Patrick; Roesmann, Daniel; Preuss, Daniel: Unterstützung des Lernens für kritische Situationen: Potenzial von Augmented Reality für die Instandsetzung auf See. In: von Lukas, Uwe; Bauer, Kristine; Dolereit, Tim (Hrsg.) *Go-3D 2019 "Mit 3D Richtung Maritim 4.0" – Tagungsband zur Konferenz Go-3D 2019*, S. 45–57, 2019, Fraunhofer Verlag
- Gräßler, Iris; Scholle, Philipp; Thiele, Henrik: Strategische Planung in Plattformen und Eco-Systemen mittels Szenario-Technik. In: Bertram, Torsten; Corves, Burkhard; Gräßler, Iris; Janschek, Klaus (Hrsg.) *Fachtagung Mechatronik 2019 Paderborn*, S. 127–132, 27.–28. Mrz. 2019
- Gräßler, Iris; Taplick, Patrick: Architecture of a virtual reality-based tool for the support of creativity. In: Philippe Geril (Hrsg.) *The 3rd Annual Science Fiction Prototyping Conference 2019*, S. 25–29, Apr. 2019, EUROSIS-ETI
- Gräßler, Iris; Taplick, Patrick: Supporting Creativity with Virtual Reality Technology. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Band 1, S. 2011–2020, The Netherlands, 5.–8. Aug. 2019 Design Society
- Gräßler, Iris; Thiele, Henrik; Oleff, Christian; Scholle, Philipp; Schulze, Veronika: Method for Analysing Requirement Change Propagation based on a Modified Pagerank Algorithm. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Band 1, S. 3681–3690, Delft, The Netherlands, 5.–8. Aug. 2019 Design Society
- Gräßler, Iris; Thiele, Henrik; Scholle, Philipp: Methode zur Einflussanalyse in der Szenario-Technik auf Basis gerichteter Graphen. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.) *Design fox X – Beiträge zum 30. DfX-Symposium September 2019*, Band 30, S. 135–146, Jesteburg, 18.–19. Sep. 2019
- Gräßler, Iris; Yang, Xiaojun: A holistic approach of complexity assessment for the development of product variants of mechatronic products and their supply chain networks. In: *Proceedings of the 8th IFAC Symposium on Mechatronics Systems (Mechatronics 2019)*, S. 748–753, 4. Jan.–6. Sep. 2019
- Gräßler, Iris; Yang, Xiaojun: Entwicklung mechatronischer Systeme und Modulleichtbau: Anforderungen am Beispiel von Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). In: Bertram, Torsten; Corves, Burkhard; Gräßler, Iris; Jansen, Klaus (Hrsg.) *Fachtagung Mechatronik 2019 Paderborn*, S. 167–172, 27.–28. Mrz. 2019
- Gräßler, Iris; Yang, Xiaojun: Product life cycle cost approach for modular lightweight design. In: Putnik, Goran D. (Hrsg.) *Procedia CIRP – Proceedings of the 29th CIRP Design Conference*, Band 84, S. 1048–1053, ISSN: 2212-8271, PROCIR-D-19-00345, Póvoa de Varzim, 8.–10. Mai 2019 CIRP (Centre for International Research in Production), Elsevier B.V.
- Kaul, Thorben; Hentze, Julian; Sextro, Walter; Gräßler, Iris: Integration von Verlässlichkeitsmodellen der Entwicklung in einen Digitalen Zwilling zur Umsetzung einer vorausschauenden Instandhaltung. In: Bertram, Torsten; Corves, Burkhard; Gräßler, Iris; Janschek, Klaus (Hrsg.) *Fachtagung Mechatronik 2019 Paderborn*, S. 19–24, 27.–28. Mrz. 2019
- Pottebaum, Jens; Erfurth, Christian; Reuter, Christian: IT-Rettung 2019: IT-Unterstützung in Emergency Management & Response. In: Draude, Claude; Lange, Martin; Sick, Bernhard (Hrsg.) *Informatik für Gesellschaft – Workshopbeiträge der 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik*, Band P-295, S. 557, ISBN: 978-3-88579-689-3, 23.–26. Sep. 2019 Gesellschaft für Informatik

## Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**VDI Mechatroniktagung 2019** (Ausrichter)  
27. – 28.03.2019, Paderborn

**SciFi-IT'2019**  
01. – 03.04.2019, Ghent, Belgium

**CIRP Design Conference**  
08. – 10.05.2019, Póvoa de Varzim, Portugal

**ICED 2019**  
05. – 08.08.2019, Delft, Netherlands

**IFAC Symposium on Mechatronic Systems 2019**  
04. – 06.09.2019, Vienna, Austria

**DfX Symposium 2019**  
18. – 19.09.2019, Jesteburg

**(Aus-)Bildungskongress der Bundeswehr**  
03. – 05.09.2019, Hamburg

**Go-3D 2019**  
05. – 09.2019, Rostock

**Informatik 2019 (Jahrestagung der GI)**  
23. – 26.09.2019, Kassel

**Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik**  
01. – 02.10.2019, Aachen

## Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- Im Rahmen der Wahlen für den Beirat der „VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik“ wurde Prof. Gräßler als Beiratsmitglied bestätigt
- Prof. Gräßler wurde im August 2019 als Beiratsmitglied der Design Society berufen

## Weitere Funktionen Additional functions

- Gutachterin für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Gutachterin für die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)
- Mitglied der WiGeP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung
- Direkt gewähltes Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Gesellschaft Mess- und

- Automatisierungstechnik (GMA)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und Produkt- und Prozessgestaltung (GPP) Gemeinschaftsausschuss 7.02 „Systemhaus“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.10 „Interdisziplinäre Produktentstehung“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.15 „Mechatronik“
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.23 „Businessmodelle für Industrie 4.0“
- Programmausschuss VDI/VDE Mechatroniktagung
- Programme Committee der European Concurrent Engineering Conference (ECEC)
- Scientific Advisory Board International DESIGN Conference
- Scientific Committee of International Conference on Engineering Design (ICED)
- Scientific Committee of International Conference Production Engineering and Management
- SciFi-It – The International Science Fiction Prototyping Conference
- TPC member for 13th Annual Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018, INCOSE)
- Prüfungsausschussvorsitzende Wirtschaftsingenieurwesen seit 2014
- Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats für das Anwendungszentrum Industrie 4.0 Potsdam
- Mitglied des Advisory Boards der Design Society
- Gutachterin Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen
- Fachgutachterin für das Wissenschaftsministerium Baden-Württemberg (MWK)
- Gutachterin Bayerische Forschungsstiftung
- Gutachterin Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft
- Mitglied im Scientific Board des DMRC der Universität Paderborn
- Vorstandsmitglied des Heinz Nixdorf Instituts

## Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

**OptiAMix – Mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung für**

## additive Fertigungsverfahren im Produktentstehungsprozess

Entwicklung einer Methode und eines Softwareprototyps zur Definition und Handhabung von Anforderungsänderungen sowie die bauteilspezifische Potenzialidentifikation für die additive Fertigung

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*

*Laufzeit: 01.01.2017 – 31.05.2020*

## ANYWHERE – EnhANCing emergencY management and response to extreme WeatHER and climate Events

Resilienz-Erhöhung bei extremen Wetterereignissen: Unterstützung der strategischen Planung in Unternehmen bzw. Projekten zur Gestaltung innovativer Produkte für den Selbstschutz von Personen und Organisationen

*Förderinstitution: Europäische Kommission – EU H2020*

*Laufzeit: 01.06.2019 – 31.12.2019*

## Forschungskolleg „Leicht – Effizient – Mobil, Komplexitätsmanagement für den Leichtbau mit Hybridsystemen“

Strategische Planung innovativer Leichtbaukonzepte; Systematischer Ressourceneinsatz zur Verbesserung der End-of-life Strategien

*Förderinstitution: MIWF des Landes NRW*

*Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022*

## Forschungskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“

Soziotechnisches Produktionsmanagement in Cyber-physischen Produktionssystemen, Fähigkeitsgerechte Zuordnung von Aufgaben in der Mensch-Technik-Kooperation

*Förderinstitution: MIWF des Landes NRW*

*Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022*

## Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- Phoenix Contact GmbH & Co. KG
- BST eltomat International GmbH & Co. KG
- Egger Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. KG
- The Boeing Company
- EDAG Engineering GmbH
- WP Kemper GmbH
- INTES Ingenieurgesellschaft für technische Software mbH
- Hirschvogel Tech Solutions
- Krause DiMaTec GmbH

## Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

## Intelligent Systems and Machine Learning

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

### Publikationen Publications

Ahmadi Fahandar, Mohsen; Hüllermeier, Eyke. Analogy-Based Preference Learning with Kernels. In *KI 2019: Advances in Artificial Intelligence*. Cham, 2019

Ahmadi Fahandar, Mohsen; Hüllermeier, Eyke. Feature Selection for Analogy-Based Learning to Rank. In *Discovery Science*. Cham, 2019

Bengs, Viktor; Eulert, Matthias; Holzmann, Hajo. Asymptotic confidence sets for the jump curve in bivariate regression problems. *Journal of Multivariate Analysis*, 291 – 312, 2019

Bengs, Viktor; Hajo, Holzmann. Adaptive confidence sets for kink estimation. *Electronic Journal of Statistics*, 1523 – 1579, 2019

Brinker, Klaus, Hüllermeier, Eyke. A Reduction of Label Ranking to Multiclass Classification. In *Proceedings ECML/PKDD, European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases*. Würzburg, Germany, 2019

Couso, Ines; Borgelt, Christian; Hüllermeier, Eyke; Kruse, Rudolf. Fuzzy Sets in Data Analysis: From Statistical Foundations to Machine Learning. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 31 – 44, 2019

Epple, Nico; Dari, Simone; Drees, Ludwig; Protschky, Valentin; Riener, Andreas. Influence of Cruise Control on Driver Guidance - a Comparison between System Generations and Countries. In *2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*

Henzgen, Sascha; Hüllermeier, Eyke. Mining Rank Data. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 1 – 36, 2019

Hetzer, Alexander; Wever, Marcel Dominik; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke. Algorithm Selection as Recommendation: From Collaborative Filtering to Dyad Ranking. Presented at the European Conference on Data Analysis (ECDA), Bayreuth, Germany, 2019

Hüllermeier, Eyke; Couso, Ines; Destercke, Sébastien. Learning from Imprecise Data: Adjustments of Optimistic and Pessimistic Variants. In *Proceedings SUM 2019, International Conference on Scalable Uncertainty Management*, 2019.

Melnikov, Vitaly; Eyke, Hüllermeier. Learning to Aggregate: Tackling the Aggregation/Disaggregation Problem for OWA. In *Proceedings ACML, Asian Conference on Machine Learning (Proceedings of Machine Learning Research, 101)*, 2019

Mohr, Felix; Wever, Marcel Dominik; Tornede, Alexander; Hüllermeier, Eyke. From Automated to On-The-Fly Machine Learning. In *INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft* (pp. 273 – 274). Bonn, Gesellschaft für Informatik e.V., 2019

Mortier, Thomas; Wydmuch, Marek; Dembczynski, Krzysztof; Hüllermeier, Eyke; Waegeman, Willem. Set-Valued Prediction in Multi-Class Classification. In *Proceedings of the 31st Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2019) and the 28th Belgian Dutch Conference on Machine Learning (Benelearn 2019)*, Brussels, Belgium, November 6 – 8, 2019

Nguyen, Vu-Linh; Destercke, Sébastien; Hüllermeier, Eyke. Epistemic Uncertainty Sampling. In *Discovery Science*. Cham, 2019

Tagne, V. K.; Fotso, S.; Fono, L. A.; Hüllermeier, Eyke. Choice Functions Generated by Mallows and Plackett – Luce Relations. *New Mathematics and Natural Computation*, 15(2), 191 – 213, 2019

Tornede, Alexander, Wever, Marcel Dominik; Hüllermeier, Eyke. Algorithm Selection as Recommendation: From Collaborative Filtering to Dyad Ranking. In F. Hoffmann, E. Hüllermeier, & R. Mikut (Eds.), *Proceedings - 29. Workshop Computational Intelligence*, Dortmund, 28. – 29. November 2019 (pp. 135 – 146). Dortmund: KIT Scientific Publishing, Karlsruhe

Waegeman, Willem; Dembczynski, Krzysztof; Eyke, Hüllermeier. Multi-target prediction: a unifying view on problems and methods. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 33(2), 293 – 324, 2019

Wever, Marcel Dominik; Felix, Mohr; Alexander, Tornede; Eyke, Hüllermeier. Automating Multi-Label Classification Extending ML-Plan. Presented at the 6th ICML Workshop on Automated Machine Learning (AutoML 2019), Long Beach, CA, USA, 2019.

Wever, Marcel Dominik; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke; Hetzer, Alexander. Towards Automated Machine Learning for Multi-Label Classification.

Presented at the European Conference on Data Analytics (ECDA), Bayreuth, Germany, 2019

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- L.A.Zadeh Preis der International Fuzzy Systems Association an Eyke Hüllermeier für seine führende Rolle in der Entwicklung der Theorie unscharfer Mengen und deren Anwendungen (verliehen auf der IFSA-NA-FIPS 2019)

### Weitere Funktionen Additional functions

- Vorsitzender des DaScO, Paderborn Institute for Data Science and Scientific Computing.
- Co-Editor-in-Chief der Zeitschrift *Fuzzy Sets and Systems* (Elsevier)
- Direktor Smart Systems, SICP, Software Innovation Campus Paderborn
- Editorial Board Member der Zeitschriften *Machine Learning* (Springer, action editor), *International Journal of Approximate Reasoning* (Elsevier), *Advances in Data Analysis and Classification* (Springer, associate editor), sowie 15 weiterer Journale
- Mitglied in diversen Programmkomitees
- Vorsitzender der IEEE CIS Task Force on Machine Learning
- Mitglied im IEEE CIS Fuzzy Systems Technical Committee, IEEE-CIS Emerging Technologies Technical Committee
- Leiter der Arbeitsgruppe „Learning and Data Mining“ in der EUSFLAT (European Society for Fuzzy Logic and Technology)
- Stellvertretender Vorsitzender des GMA Ausschuss „Computational Intelligence“ (VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, Fachausschuss 5.14)
- Scientific Advisor der Iranischen Gesellschaft für Fuzzy Sets and Systems (IFSS)

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

**DFG Collaborative Research Center 901 „On-The-Fly Computing“, subproject B2 „Configuration and Rating“**

This subproject deals with formal approaches for configuration and evaluation of Services and

their algorithmic and practical implementation in the scenario of OTF Computing. The focus of the current funding phase is on the extension of a purely sequential composition of services into a sequential-hierarchical approach (using service templates) and the improvement of the efficiency and adaptability of the configuration process using methods of machine learning. As a concrete application scenario the configuration of Machine Learning (ML) Services is used, along with the idea of the OTF Machine Learning (OTF-ML), based on the current research area of the Automated Machine Learning (AutoML). *This subproject is coordinated by Eyke Hüllermeier and Axel-Cyrille Ngonga Ngomo. Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2019 – 2023*

#### **DFG Collaborative Research Center 901 „On-The-Fly Computing“, subproject B3 „Service Composition Analysis in Partially Unknown Contexts“**

The subproject B3 deals with the development of methods and concepts for the analytical quality assurance of functional and non-functional requirements of on-the-fly compositions of services. In the area of the analysis of non-functional properties it is investigated how uncertain context information can be included and how the evaluation of service compositions can be extended from batch setting to online setting with the help of automatic learning procedures. In the area of functional properties, the analysis will shift from the model level to the implementation level and therefore to the analysis of the services actually executed later. It is to be examined, how the correctness results of the functional analysis of the models of service compositions to their implementations. In addition to the previous domains, which allow requirement specifications by means of pre- and post-conditions or protocols, we also want to deal with data-driven systems, in which special features are and therefore special analytical methods need to be developed. *This subproject is coordinated by Heike Wehrheim and Eyke Hüllermeier. Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2019 – 2023*

#### **Interactive grammar analysis of historical texts: Adaptive annotation methods for understanding language development in Middle Low German**

In the project „InterGramm“ for the interactive grammar analysis of historical texts, adaptive

annotation methods are to be developed that will help to understand the development of language in Middle Low German. In this way, a central problem of existing annotation procedures for historical texts is to be solved. Existing parsing and tagging methods require predefined grammars or grammatical categories, which does not do justice to the historical dynamics of grammar. The central goal of the project is to „discover“ a diachronically developing grammar by means of rule-based text analysis methods and methods of machine learning in the corpus, and in this way to reconstruct the language change evidence-based. Linguists, computer scientists and computational linguists work together on an interdisciplinary basis for this purpose.

*Michaela Geierhos, Doris Tophinke, and Eyke Hüllermeier coordinate this project. Funding: German Research Foundation Term: 2017 – 2020*

#### **Online Preference Learning with Bandit Algorithms**

In machine learning, the notion of multi-armed bandit (MAB) refers to a class of online learning problems, in which an agent is supposed to simultaneously explore and exploit a given set of choice alternatives in the course of a sequential decision process. Combining theoretical challenge with practical usefulness, MABs have received considerable attention in machine learning research in the recent past. This project is devoted to a variant of standard MABs that we refer to as the preference-based multi-armed bandit (PB-MAB) problem. Instead of learning from stochastic feedback in the form of real-valued rewards for the choice of single alternatives, a PB-MAB agent is allowed to compare pairs of alternatives in a qualitative manner. The goal of this project is twofold. First, by consolidating existing work and addressing a number of open theoretical questions and algorithmic problems, we wish to provide a complete and coherent understanding of the PB-MAB setting. Second, we shall develop methods for practically motivated extensions of this setting, namely, contextual PB-MABs that allow preferences between alternatives to depend on a decision context, and PB-MABs with generalized feedback that go beyond pairwise comparisons and permit preference information of different kind.

*Eyke Hüllermeier coordinates this project. Funding: German Research Foundation Term: 2017 – 2020*

#### **Weakly Supervised Depth Estimation in Monocular Images**

Depth estimation in image data is an important prerequisite for a number of computer vision tasks and scene understanding. However, estimating the camera distance of objects in monocular images is a difficult problem. In this project, image feature representations and machine learning methods to infer depth estimations relying on weak supervision are developed to tackle this problem for monocular images. One important goal of the project is to develop adequate features and descriptors for monocular depth estimation. In this respect, human visual perception serves as a basis and inspiration for the developed criteria. As a result, depth descriptors and interrelated features of different image regions are used to describe the scene. The derived feature representation is then integrated in a machine learning model. Additionally, deep learning architectures are assessed to provide learned representations for further model inference, which can include the necessity to also recognize objects by state-of-the-art methodologies.

*Ralph Ewerth (TIB Hannover) and Eyke Hüllermeier coordinate this project. Funding: German Research Foundation Term: 2019 – 2021*

#### **iART: An Interactive Analysis and Retrieval Tool to Support Image-oriented Research Processes**

The goal of the project iART is the development of a tool to support a systematic search in electronic image databases and for the automated (similarity-based) analysis of large image corpora, based on methods of machine learning (ML) and concepts of statistics and data analysis. Specifically, the planned tool is characterized by three functionalities: pattern recognition (e. g. based on deep learning), similarity analysis (e. g. clustering) and personalization or adaptation to user preferences, which has not yet been realized in this combination in any comparable project. iART will close this gap in research or application and, with the help of a solution provided freely and in source code, make it possible to search art historical image collections.

*Ralph Ewerth (TIB Hannover), Hubertus Kohle (LMU München), and Eyke Hüllermeier coordinate this project. Funding: German Research Foundation Term: 2019 – 2022*

### **Aktuelle Industriekooperationen** **Current industry cooperations**

- Benteler Steel/Tube GmbH, Paderborn  
Kooperation im Rahmen der Prozessoptimierung und Qualitätssicherung durch maschinelles Lernen
- BMW, München  
Kooperation im Rahmen des maschinellen Lernens für Fahrerassistenzsysteme: Ablenkungserkennung
- dSPACE GmbH, Paderborn  
Kooperation im Rahmen der automatisierten Modellierung von Verkehrsszenarien
- Weidmüller AG, Detmold  
Kooperation im Rahmen des automatisierten maschinellen Lernens
- Unity AG  
Kooperation im Rahmen des maschinellen Lernens für industrielle Anwendungen
- ABB Automation Products GmbH, Ladenburg  
Kooperation im Rahmen des automatisierten maschinellen Lernens

### **Wissenschaftliche Kooperationen** **Scientific cooperations**

- Dr. Róbert Busa-Fekete, Yahoo Research, New York, USA
- Prof. Dr. Inés Couso, University of Oviedo, Spain
- Dr. Krzysztof Dembczycki, Poznan University of Technology, Institute of Computing Science, Poland
- Dr. Sébastien Destercke, Technical University of Compiègne, France
- Prof. Dr. Francisco Herrera, Department of Computer Science and Artificial Intelligence, University of Granada, Spain
- Dr. Christophe Labreuche, Thales Group, Paris
- Dr. Henri Prade, IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse, France
- Prof. Dr. Willem Waegeman, Department of Mathematical Modelling, Statistics and Bioinformatics, Ghent University, Belgium

## Algorithmen und Komplexität

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

## Algorithms and Complexity

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

### Publikationen Publications

Abu-Khzam, Faisal N.; Li, Shouwei; Markarian, Christine; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Podlipyan, Pavel: Efficient parallel algorithms for parameterized problems. *Theoretical Computer Science*, 786: S. 2 – 12, 2019

Baswana, Surender; Gupta, Shiv; Tulsyan, Ayush: Fault Tolerant and Fully Dynamic DFS in Undirected Graphs: Simple Yet Efficient. In: 44th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science, MFCS 2019, Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs), Band 138, S. 65:1 – 65:16, Aachen (Germany), Aug. 2019, Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik

Brandt, Sascha; Jähn, Claudius; Fischer, Matthias; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Visibility-Aware Progressive Farthest Point Sampling on the GPU. *Computer Graphics Forum*, 38(7): S. 413 – 424, Okt. 2019

Castenow, Jannik; Kolb, Christina; Scheideler, Christian: A Bounding Box Overlay for Competitive Routing in Hybrid Communication Networks. In: Proceedings of the 21st International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN) (accepted), 4. – 7. Jan. 2020

Castenow, Jannik; Kolb, Christina; Scheideler, Christian: Brief Announcement: A Bounding Box Overlay for Competitive Routing in Hybrid Communication Networks. In: Proceedings of the 26th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO) (accepted), Jul. 2019

Feldkord, Björn; Knollmann, Till; Malatyali, Manuel; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Managing Multiple Mobile Resources. In: Proceedings of the 17th Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA) (accepted), 12. – 13. Sep. 2019, Springer

Feldkord, Björn; Meyer auf der Heide, Friedhelm: The Mobile Server Problem. *ACM Transactions on Parallel Computing*, 6(3): S. 14:1 – 14:17, Okt. 2019

Feldotto, Matthias; Lenzner, Pascal; Molitor, Louise; Skopalik, Alexander: From Hotelling to Load Balancing: Approximation and the Principle of Minimum Differentiation. In: Proce-

dings of the 18th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, S. 1949 – 1951, 13. – 17. Mai 2019

Jansen, Klaus; Maack, Marten; Mäcker, Alexander: Scheduling on (Un-)Related Machines with Setup Times. In: Proceedings of the 33rd International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS), S. 145 – 154, Mai 2019, IEEE

Karl, Holger; Kundisch, Dennis; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Wehrheim, Heike: Case for a New IT Ecosystem: On-The-Fly Computing. *Business & Information Systems Engineering* 2019

Kling, Peter; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Continuous Protocols for Swarm Robotics. In: Distributed Computing by Mobile Entities, Current Research in Moving and Computing, Lecture Notes in Computer Science, Band 11340, S. 317 – 334. Springer, Jan. 2019

Markarian, Christine; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Online Algorithms for Leasing Vertex Cover and Leasing Non-metric Facility Location. In: Proceedings of the 8th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems, S. 315 – 321, 2019, SciTePress

Meyer auf der Heide, Friedhelm: Paul Curzon, Peter W. McOwan: Computational Thinking; Die Welt des algorithmischen Denkens – in Spielen, Zauberkünsten und Rätseln. *Mathematische Semesterberichte*, 66(2): S. 259 – 260, Okt. 2019

Pukrop, Simon; Mäcker, Alexander; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Approximating Weighted Completion Time for Order Scheduling with Setup Times. In: Proceedings of the 46th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM) (accepted), 20. – 24. Jan. 2020, SPRINGER

### Promotionen PhD Theses

Manuel Malatyali  
**Big Data: Sublinear Algorithms for Distributed Data Streams, 15.02.2019**

We consider a sensor network comprised of numerous nodes which sense the environment and are equipped with communication capabilities to convey this information to a server. The server evaluates a function (e.g., Maximum, etc.) based on the information at

the sensor nodes currently observed. To fulfill this task, the sensor nodes can send their observations to the server, and in turn, the server can send messages directly to a sensor node or broadcast a message to all sensor nodes with unit costs. The objective is to minimize the total communication while the server computes the function. We apply two different techniques to tackle this situation: First, we consider filter-based protocols and compare protocols against an optimal offline algorithm which knows the whole input in advance and sets filters in an optimal way. Second, we design and analyze protocols in the framework of dynamic algorithms. That is, given observations at a specific time step, we assume that only a fraction of the sensors identify a change in their observation in comparison to the previous time step. We aim at communication protocols which use communication depending on this fraction.

### Alexander Mäcker On Scheduling With Setup Times

The occurrence of setup times for the preparation of machines is a natural assumption when considering scheduling problems. They may occur, for example, as startup times for machines or for the (re-)configuration of machines between the processing of jobs of different types. In this thesis, we study two kinds of models for scheduling problems incorporating such setup times. The first kind of model considers jobs that are partitioned into several classes. Whenever a machine switches between the processing of jobs of different classes, a setup for the reconfiguration of the machine needs to take place. We study this problem for parallel machines with the objective of minimizing the makespan. We design and analyze approximation algorithms for the case of identical and heterogeneous machines. Additionally, we generalize the problem by allowing jobs to arrive over time and by considering the minimization of the maximum flow time. We give an approximation algorithm for the offline case of a single machine and study the (smoothed) competitiveness of a simple online algorithm. The second model deals with jobs that need to be processed on machines rented from the cloud and the minimization of the rental cost. We consider the availability of two heterogeneous types of machines that can be rented for arbitrary durations but incur a setup time for booting newly rented machines. We develop and analyze an online algorithm for jobs with deadlines arriving over time.

## Weitere Funktionen Additional functions

- 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“, Vice Chair of the Section Information Sciences
- Member of the NRW Academy of Sciences, Humanities and the Arts
- Member of the National Academy of Science and Engineering „acatech“
- DFG Special Advisor (Vertrauensdozent) of the Paderborn University
- Member of Paderborn Institute for Data Science and Scientific Computing (DASCO)
- Advisory board member of „Journal of Interconnection Networks (JOIN)“, World Scientific Publishing
- Chairman of the Scientific Advisory Board of the Leibniz-Zentrum für Informatik, Schloss Dagstuhl
- Member of the Program Committee of the 33rd IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium
- (IPDPS 2019)

## 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 so-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. The CRC was reevaluated in February 2019. Based on this evaluation, the DFG has approved the third (and final) funding period from July 2019 to June 2023. *Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2011 – 2023*

### 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. This subproject is coordinated by Friedhelm Meyer auf der Heide and Christian Scheideler. *Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2015 – 2023*

### 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. We emphasize the collaboration between theoretical and practical computer science on closely related issues. 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.

*Funding: German Research Foundation Term: 2015 – 2023*

### 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 informa-

tion 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. *Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2014 – 2020*

### BMBF-Project: Resilience by Spontaneous Volunteers Networks for Coping with Emergencies and Disaster (RESIBES)

In RESIBES, we set up network of spontaneous volunteers, which can be quickly activated and deployed in a coordinated manner in a crisis. Individuals can register as so-called active or passive spontaneous volunteers in the network. Active spontaneous volunteers offer their workforce, while passive spontaneous volunteers provide material resources. In our project part, we are building a robust communication network, which in the case of application supports the coordination of the deployed spontaneous volunteers and the comprehensive assessment. Communication is also possible if the communication infrastructure is damaged or overloaded. To this end, we develop an ad-hoc network using the smartphones of the spontaneous volunteers. In Paderborn, Friedhelm Meyer auf der Heide, Matthias Fischer and Bernd Kleinjohann coordinate this project.

*Funding: Federal Ministry of Education and Research Term: 2016 – 2019*

### Extension of sensor simulation for electronic control unit development with SensorSim by dynamically generated 3D scenes using the OSI standard (OSIgoes3D)

The aim of the project is to extend the sensor simulation for electronic control unit develop-



ment with SensorSim by dynamically generated 3D objects/3D scenes using the Open Simulation Interface (OSI) in order to create the 3D world "on-the-fly" during the simulation time and without having to create and integrate it beforehand. In addition to the dynamic creation of the 3D world, the OSI standard is intended to increase the interoperability of dSPACE's tools. OSI is to be standardized by the ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems). The goal of this project is to create the 3D world "on-the-fly" during the simulation time and not to have to model, tune, and "download" it beforehand.

*Funding: dSPACE GmbH*

*Term: 2019 – 2020*

## **Wissenschaftliche Kooperationen** **Scientific cooperations**

- University of Warwick, Prof. Dr. Artur Czumaj, Warwick, United Kingdom
- University of Liverpool, Prof. Dr. Martin Gairing, Liverpool, United Kingdom
- Loughborough University, Prof. Dr. Lars Nagel, Loughborough, United Kingdom
- KAIST, Prof. Dr. Martin Ziegler, Daejeon, South Korea
- Charles University, Prof. Dr. Jiri Sgall, Prague, Czech Republic
- Haigazian University, Prof. Dr. Christine Markarian, Beirut, Lebanon
- Lebanese American University, Prof. Dr. Faisal N. Abu-Khzam, Beirut, Lebanon
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Prof. Dr. Ernst Althaus, Mainz
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Prof. Dr. Andre Brinkmann, Mainz
- Hochschule Fulda, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Prof. Dr. Tim Süß, Fulda
- Universität Hamburg, Junior-Professor Dr. Peter Kling, Hamburg
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Prof. Dr. Klaus Jansen, Kiel
- Hasso Plattner Institut Potsdam, Dr. Pascal Lenzner, Potsdam
- Carleton University, Prof. Dr. Nicola Santoro, Ottawa, Canada
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Stefan Kaufmann, Freiburg

## Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

## System and Circuit Technology

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

### Publikationen Publications

Abughannam, Saed; Fard, Saeed; Scheytt, Christoph: Improving Co-Channel Interference Robustness In Direct Detection Receivers Using A Surface Acoustic Wave (SAW) Correlator. In: Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), 10. – 13. Dez. 2019

Adelt, Peer; Koppelman, Bastian; Müller, Wolfgang; Scheytt, Christoph: Analyse sicherheitskritischer Software für RISC-V Prozessoren. In: Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen (MBMV 2019), Kaiserslautern, DE, Apr. 2019

Adelt, Peer; Koppelman, Bastian; Müller, Wolfgang; Scheytt, Christoph; Driessen, Benedikt: QEMU for Dynamic Memory Analysis of Security Sensitive Software. In: Proceedings of the 2nd International Workshop on Embedded Software for Industrial IoT (ESIIT), S. 32 – 34, Florence, Italy, Mrz. 2019

Adelt, Peer; Koppelman, Bastian; Müller, Wolfgang; Scheytt, Christoph: QEMU Support for RISC-V: Current State and Future Releases. 2nd International Workshop on RISC-V Research Activities, (Presentation), Feb. 2019

Amjad, Muhammad Sohaib; Tebruegge, Claas; Memedi, Agon; Kruse, Stephan; Kress, Christian; Scheytt, Christoph; Dressler, Falko: An IEEE 802.11 Compliant SDR-Based System for Vehicular Visible Light Communications. In: IEEE International Conference on Communications (ICC), S. 1 – 6, Shanghai, China, Mai 2019, ICC 2019 – 2019 IEEE International Conference on Communications (ICC)

Haddadian, Sanaz; Scheytt, Christoph: A 5.8 GHz CMOS Analog Front-End Targeting RF Energy Harvesting for Microwave RFIDs with MIMO Reader. In: IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA), Pisa, Italy, 25. – 27. Sep. 2019

Humphreys, David; Berekovic, Mladen; Kallfass, Ingmar; Scheytt, Christoph; Kuerner, Thomas; Jukan, Admela; Schneider, Thomas; Kleine-Ostmann, Thomas; Koch, Martin; Thomae, Reiner: An overview of the Meteracom Project. In: Proc. 43-nd Meeting of the Wireless World Research Forum (WWRF) London, England, 9. – 11. Okt.

2019 Wireless World Research Forum (WWRF)

Koppelman, Bastian; Adelt, Peer; Müller, Wolfgang; Scheytt, Christoph: RISC-V Extensions for Bit Manipulation Instructions. In: 29th International Symposium on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS), Rhodos, Griechenland, 1. – 3. Jul. 2019

Kruse, Stephan: An Area Efficient 19.25 GHz to 77 GHz Gilbert Cell Frequency Quadrupler with 55% Shrunk Delay Lines in 130nm SiGe BiCMOS. In: International Microwave and RF Conference 2019, Bombay, Mumbai, India, 13. – 15. Dez. 2019, IEEE

Misra, Arijit; Kress, Christian; Singh, Karanveer; Preussler, Stefan; Scheytt, Christoph; Schneider, Thomas (Hrsg.) Integrated All Optical Sampling of Microwave Signals in Silicon Photonics., 7. – 10. Okt. 2019 2019 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics

Misra, Arijit; Kress, Christian; Singh, Karanveer; Preussler, Stefan; Scheytt, Christoph; Schneider, Thomas: Integrated source-free all optical sampling with a sampling rate of up to three times the RF bandwidth of silicon photonic MZM. Opt. Express, 27(21): S. 29972 – 29984, Okt. 2019

Wu, Liang; Weizel, Maxim; Scheytt, Christoph: 70 GHz Large-signal Bandwidth Sampler Using Current-mode Integrate-and-Hold Circuit in 130 nm SiGe BiCMOS Technology. In: Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), 10. – 13. Dez. 2019

Wu, Liang; Weizel, Maxim; Scheytt, Christoph: A 70 GHz Small-signal Bandwidth 40 GS/s Track-and-Hold Amplifier in 130 nm SiGe BiCMOS Technology. In: 26th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems (ICECS), Genova, Italy, 27. – 29. Nov. 2019

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**2nd International Workshop on Embedded Software for Industrial IoT (ESIIT)**  
29. März 2019, Florenz, Italien

**2nd RISC-V Activities Workshop**  
Februar 2019, München

**22nd Design Automation and Test in Europe (DATE)**

25. – 29. März 2019, Florenz, Italien

**23rd Design Automation and Test in Europe (DATE)**

09. – 13. März 2020, Grenoble, Frankreich

**2019 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)**

3. – 6. November 2019, Nashville, TN, USA

**Summerschool 2019 des DFG-Schwerpunktprogramms „Electronic-Photonic Integration for Ultrafast Signal Processing“ (SPP 2111)**

12. – 14. September 2019, Malaga, Spanien

**Berichtskolloquium 2019 des DFG-Schwerpunktprogramms „Electronic-Photonic Integration for Ultrafast Signal Processing“ (SPP 2111)**

18. – 19. September 2019, Paderborn

### Internationale Patentanmeldung

„Integrier- und Halteschaltung“, Europäisches Patentamt, PCT/EP/054916

27. Februar 2019, Paderborn

### Weitere Funktionen Prof. Scheytt Additional functions Prof. Scheytt

- Mitglied des Geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Koordinator des DFG-Schwerpunktprogramms „Electronic-Photonic Integration for Ultrafast Signal Processing“ (SPP 2111)
- Vorstandsmitglied im Center for Optoelectronics and Photonics Paderborn (CeOPP)
- Gründungsmitglied im Institut für Photonische Quantensysteme (PhoQS) der Universität Paderborn
- Mitglied im Programmkomitee European Microwave Week (EuMW) Oktober 2017, Nürnberg.
- Mitglied im Programmkomitee 2018 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS), 3. – 6. November 2018, Nashville, TN, USA.
- Mitglied im Programmkomitee German Microwave Conference (GeMiC) 2019, Stuttgart.
- Sprecher im Verbundprojekt REAL100G.COM der DFG im SPP 1655 „Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeitskommunikation für den

mobilen Internetzugriff“

- Mitglied in der European Radio and Microwave Interest Group (EURAMIG) der European Microwave Association (EuMA)
- Mitglied im European Photonic Industry Consortium (EPIC)
- Mitglied in Photonic21, European Technology Platform for Photonics Gutachter IEEE Journal of Solid-State Circuits, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, IEEE Microwave Components Letters, European Microwave Week, German Microwave Week

#### Weitere Funktionen Dr. Müller Additional functions Dr. Müller

- Mitglied im Main Board der European Design and Automation Association (EDAA)
- 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 Wissenschaftler-Personalrat der Universität Paderborn
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2019 (Florenz, März 2019)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2020 (Grenoble, März 2020)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2021 (Madrid, März 2021)
- Mitglied im Organisationskomitee des 2nd RISC-V Activities Workshop, Februar 2019, München
- General Co-Chair des 2nd International Workshop on Embedded Software for Industrial IIoT (ESIIT), März 2019, Florenz, Italien.
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 22. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2019 (Kaiserslautern, April 2019)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 23. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2020 (Stuttgart, April 2020)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee der International IEEE Conference on Hardware / Software Codesign and System Synthesis (Milano, Italien, Oktober 2019)

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

##### METERACOM – Metrology for Terahertz Communication

Im Zentrum der DFG-Forschungsgruppe METERACOM (FOR 2863) steht die Kommunikationstechnik für den weitgehend noch unberührten Terahertz-Frequenzbereich (THz). In diesem Frequenzbereich könnten in Zukunft Terabit pro Sekunde übertragen werden. Jedoch stellen die sehr hohen Frequenzen und Bandbreiten der drahtlosen Kommunikation bei Terahertz-Frequenzen die heutige Kommunikationstechnik vor enorme Herausforderungen. Wesentliche Herausforderungen, die im Projekt bearbeitet werden sollen, sind: Die Erforschung von Messtechnik-Methoden (Metrologie) für drahtlose Kommunikationstechnologie mit THz-Signalen, die Entwicklung und Charakterisierung von neuen Messmitteln und die Rückführbarkeit von THz-Metrologie auf die grundlegenden Maßeinheiten des SI-Systems.

*Projektpartner: TU Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Universität Marburg, Universität Stuttgart, Universität Lübeck, TU Ilmenau, National Physics Laboratory of Great Britain*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: Juni 2019 – Mai 2022*

##### NyPhE – Nyquist Photonic Engine

Das Ziel von NyPhE ist es, einen völlig neuen, zum Patent angemeldeten Ansatz zu untersuchen, der optischen Transceivern auf Basis der Siliziumphotonik mit einer Geschwindigkeit von 400 Gbit/s Datenrate in Siliziumphotonik-Technologie ermöglichen soll. Dazu wird eine Signalübertragung auf Basis von sogenannten Nyquist-Pulsen eingesetzt, die es ermöglicht, mehrere langsame Datenströme in einen physischen Kanal zu einem sehr schnellen Datenstrom zu vereinen. Die Fachgruppe Schaltungstechnik ist für die Implementierung des Transceivers in einer hochmodernen Siliziumphotonik-Technologie verantwortlich.

*Projektpartner: Leoni AG, Sicoya GmbH, TU Braunschweig, TU Dresden*  
*Projekträger: VDI Technologiezentrum GmbH*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*

*Laufzeit: Juli 2018 – Juni 2021*

##### 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.

*Partner: Universität Stuttgart, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, IHP – Leibniz Institut für innovative Mikroelektronik*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeits-Kommunikation für den mobilen Internetzugriff“ (SPP 1655)*

*Laufzeit: September 2017 – Oktober 2019*

##### offeDi – Optoelektronischer Frequenzsynthesizer mit Femtosekunden-Diodenlaser

Das offeDi-Projekt ersetzt Quarzoszillator-basierte PLL durch Femtosekunden-Puls-lasern in Silizium-Photonik-Chips. Diese Laser weisen ein wesentlich besseres Rauschverhalten auf, als die derzeit besten Quarzoszillatoren. So sollen optoelektronische Frequenzsynthesizer mit extrem kleinem Phasenrauschen möglich werden. Der Frequenzsynthesizer und Teile des Lasers sollen dabei in einen Siliziumphotonik-Chip integriert werden.

*Partner: Rhein-Ruhr Universität Bochum*  
*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: Juli 2017 – Juni 2020*

##### COMPACT – Cost-Efficient Smart System Software Synthesis

Das COMPACT-Projekt ist ein Vorhaben, um neue Techniken für einen effizienten und strukturierten Softwareentwurf für extrem kleine IoT-Knoten zu entwickeln. Der Fokus des Projekts liegt hierbei auf neuen Mechanismen zur automatischen Software-Generierung für IoT-Knoten mit extremen Hardwarebeschränkungen und hoher Energieeffizienz. In die Entwicklung sind im europäischen Verbund führende Unternehmen entlang der gesamten IoT-Wertschöpfungskette eingebunden.

*Partner: Infineon Technologies AG, Abix GmbH, FZI, Microteam, Minima Processor, Robert Bosch GmbH, Schneider Electric, Technische Universität Wien, Tampere University of Technology, Technische Universität München, Universidad de Cantabria, Visy*

*Projekträger: Projekträger DLR*

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bil-*

#### *dung und Forschung*

*Laufzeit: September 2017–August 2020*

#### **SAFE4I – Sicherer Automatischer Entwurf für Industrieanlagen**

SAFE4I entwickelt Automatisierungslösungen zur Erzeugung funktional sicherer Software für Industrie-4.0-Anwendungen in Rahmen des industriellen Internet-der-Dinge. Dabei werden alle Teile der Software betrachtet, die nötig sind, um kundenspezifische Automatisierungslösungen für Industrie-4.0-Anwendungen zu realisieren.

*Partner: Infineon Technologies AG, Bosch Sensor Tec GmbH, COSEDA Technologies GmbH, FZI, HOOD GmbH, Itemis AG, Kapser & Oswald GmbH, Model Engineering Solution GmbH, OFFIS e. V., Robert Bosch GmbH, ScopeSET Technology GmbH, Technische Universität München, Universität Rostock, Universität Tübingen*

*Projekträger: Projekträger DLR*

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: Oktober 2017–September 2021*

#### **PONyDAC – Precise Optical Nyquist Pulse Synthesizer DAC**

Das Ziel des PONyDAC-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von elektronisch-photonischen Digital-Analog-Umsetzern mittels Synthese optischer Nyquistpulse und der Verwendung von optischem Time-Interleaving. Die Nyquistpulsenergieerzeugung geschieht durch passende Eingangssignalregelung für Mach-Zehnder-Modulatoren auf Basis der monolithischen Ko-Integration photonischer und elektronischer Komponenten auf demselben Chip. Dieses Konzept der Synthese ultra-breitbandiger Nyquistpulse hat das Potential bisherige State-of-the-Art D/A-Wandler-Lösungen bei weitem zu übertreffen.

*Partner: Technische Universität Braunschweig*  
*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)*

*Laufzeit: Juli 2018–Juni 2021*

#### **PACE – Photonically Assisted Ultrabroadband Analog-to-Digital-Converter**

Das Ziel des PACE-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von extrem schnellen Analog-Digital-Umsetzern, auf Basis von photonischer und elektronischer Signalverarbeitung. Dabei werden mode-locked Laser als optische Signalquellen eingesetzt und verschiedene

Verfahren der Analog-Digital-Wandlung untersucht. Ziel ist es, die elektronisch-photonischen Analog-Digital-Wandler mittels Siliziumphotonik-Technologie erstmalig als Chips zu integrieren und den Stand der Technik von rein elektronischen Analog-Digital-Wandler-Chips damit deutlich zu übertreffen.

*Partner: RWTH Aachen, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Universität Hamburg*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)*

*Laufzeit: Juli 2018–Juni 2021*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- Abix GmbH, Wien, Österreich
- advlCo microelectronics GmbH, Recklinghausen
- ADVA Optical Networking SE, Berlin
- AEMtec GmbH, Berlin
- AirRobot GmbH, Arnsberg, Dr. Wolf Wireless GmbH, Berlin
- Astyx, GmbH, Ottobrunn
- Audi AG, Ingolstadt
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen
- CIMSOURCE GmbH, Aachen
- COMATEC Oy, Finnland
- COSEDA Technologies GmbH, Dresden
- Diebold Nixdorf, Paderborn
- dSPACE GmbH, Paderborn
- FCI Deutschland GmbH, Berlin
- Finetech GmbH & Co. KG
- Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Berlin
- Fraunhofer IMS, Duisburg
- Fraunhofer IZM, Dresden
- Freconsys, Besancon, Frankreich
- Fujitsu Labs, Japan
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Karlsruhe
- Hella GmbH & Co. KGaA, Lippstadt
- HOOD GmbH, Oberhaching
- ID4US GmbH, Duisburg
- IHP – Leibniz Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt/Oder
- Infineon Technologies AG, München
- Itemis AG, Lünen
- Kapser & Oswald GmbH, Bochum
- Leoni AG, Nürnberg
- Microteam, Tampere, Finnland

- Minima Processor, Tampere, Finnland
- Model Engineering Solution GmbH, Berlin
- Noiseless Imaging Oy, Finnland
- PKTEC Pauli & Kayser Ingenieurgesellschaft mbH, Karlsruhe
- Prometec GmbH, Aachen
- Ranovus, Nürnberg
- Robert Bosch GmbH, Schneverdingen
- Sandvik Coromant, Düsseldorf
- ScopeSET Technology Deutschland GmbH
- Sicoya GmbH, Berlin
- SiFive, San Francisco, CA, USA
- Silicon Radar GmbH, Frankfurt/Oder
- Socionext Europe GmbH, Braunschweig
- Sp SparxSystems Central Europe, Wien Österreich
- Vertilas, Garching
- Visy Oy, Tampere, Finnland
- Volkswagen AG, Wolfsburg

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Prof. Krämer
- Eberhard Karls Universität Tübingen, Prof. Bringmann
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Dr. Viehl
- IHP Leibnizinstitut für Innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)
- Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Koos
- National Physics Laboratory, Teddington, UK
- OFFIS e.V., Dr. Grüttner
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
- Ruhruniversität Bochum, Prof. Hofmann
- RWTH Aachen, Prof. Witzens
- Tampere University of Technology, Prof. Hämäläinen
- Technische Universität Berlin, Prof. Zimmermann
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Schneider
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Schöbel
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Thomas Kürner
- Technische Universität Dresden, Prof. Jamshidi
- Technische Universität München, Dr. Müller-Gritschneider
- Technische Universität Wien, Prof. A. Jantsch
- Universität Hamburg / DESY, Prof. Kärtner
- Universität Rostock, Prof. Haubelt
- Universität Stuttgart, Prof. Kallfass

## Regelungstechnik und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

## Control Engineering and Mechatronics

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

### Publikationen

#### Publications

Biemelt, Patrick; Mertin, Sven; Rüdtenklau, Nico; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Objective Evaluation of a Novel Filter-Based Motion Cueing Algorithm in Comparison to Optimization-Based Control in Interactive Driving Simulation. In: International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL) IARIA, Nov. 2019

Gräler, Manuel; Wallow, Astrid; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Assisted setup of forming processes: architecture for the integration of non-adjustable disturbances. *Procedia CIRP*, 81: S. 1348 – 1353, Mai 2019

Kruse, Daniel: Teilautomatisierte Parameteridentifikation für die Validierung von Dynamikmodellen im modellbasierten Entwurf mechatronischer Systeme. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 388, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 2019

Mertin, Sven; Buse, Dominik; Franke, Mario; Trächtler, Ansgar; Gausemeier, Sandra; Dressler, Falko: Proof-of-Concept einer komplexen Co-Simulationsumgebung für einen Fahrsimulator zur Untersuchung von Car2X-Kommunikations-Szenarien. In: VDI/VDE AUTOREG 2019, 9. VDI/VDE-Fachtagung AUTOREG, S. 159 – 170, Mannheim, Deutschland, Jul. 2019 Verein Deutscher Ingenieure, VDI Verlag Düsseldorf

Michael, Jan; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Decentralized Energy Management for Smart Home System of Systems. In: Syscon 2019 – The 13th Annual IEEE International Systems Conference, The 13th Annual IEEE International Systems Conference, Band 13, S. 524 – 531, Apr. 2019 IEEE, IEEE SYSCON

Riepold, Markus; Maslo, Semir; Han, Ge; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Open-loop linearization for piezoelectric actuator with inverse hysteresis model. *Vibroengineering PROCEDIA*, 22: S. 47 – 52, Mrz. 2019

Rüdtenklau, Nico; Biemelt, Patrick; Mertin, Sven; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Simulation-Based Lighting Function Development of High-Definition Headlamps. In: 13th International Symposium on Automotive Lighting (ISAL), Band 18, S. 677 – 686. utzverlag GmbH, Sep. 2019

Rüdtenklau, Nico; Biemelt, Patrick; Mertin, Sven; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Real-Time Lighting of High-Definition Headlamps for Night Driving Simulation. In: IARIA SysMea, Band 12, S. 72 – 88. IARIA, 2019

Rüdtenklau, Nico; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Hardware-in-the-Loop Simulation of High-Definition Headlamp Systems. In: VDI/VDE AUTOREG 2019, 9. VDI/VDE-Fachtagung AUTOREG VDI- Verlag, Düsseldorf, Jul. 2019

Rütting, Arne Thorsten; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Umsetzung einer echtzeitfähigen modellprädiktiven Trajektorienplanung für eine mehrachsige Hybridkinematik auf einer Industriesteuerung. *at-Automatisierungstechnik*, 67(4): S. 326 – 336, 2019

Schütz, Stefan; Rütting, Arne Thorsten; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Regelung kollaborativer Robotersysteme zur benutzerfreundlichen, flexiblen Fertigung kleiner Losgrößen am Beispiel eines halbautomatischen Schweißvorgangs. In: Fachtagung Mechatronik 2019, Proceeding of the 13. VDI Mechatronik, Band 13, S. 43 – 48, Paderborn, Mrz. 2019, VDI Mechatronik

Traphöner, Phillip; Kohlstedt, Andreas; Olma, Simon; Jäker, Karl-Peter; Trächtler, Ansgar: Hardware-in-the-Loop-Simulation einer Fahrzeugachse mit aktiver Wankstabilisierung mithilfe eines hydraulischen Hexapoden. In: 13. VDI/VDE Mechatronik-Tagung, S. 85 – 90, 2019, VDI-Verlag

Traphöner, Phillip; Olma, Simon; Kohlstedt, Andreas; Fast, Nikolai; Jäker, Karl-Peter; Trächtler, Ansgar: Hardware-in-the-Loop Simulation for a Multiaxial Suspension Test Rig with a Nonlinear Spatial Vehicle Dynamics Model. In: 8th IFAC Symposium on Mechatronic Systems, 2019

### Promotionen PhD Theses

Arathi Pai  
**Computationally Efficient Modelling and Precision Position and Force Control of SMA Actuators (Oktober 2019)**  
Formgedächtnislegierungen (FGL) sind metallische Werkstoffe, deren makroskopische Formdeformationen sich ausgehend von einer

eingepprägten Basisform durch eine Temperaturerhöhung erholen können. Diese Erholung wird als Formgedächtniseffekt bezeichnet und kann gezielt genutzt werden, um einen Kraft- oder Positionsgeregelten FGL-Aktor zu realisieren. Im Vergleich zu anderen Aktoren, verfügen FGL-Aktoren über eine besonders hohe Energiedichte, die wiederum einen kompakten und hochleistungsfähigen Aktor realisierbar machen. Diese Eigenschaften sind speziell für die Industrie interessant. Allerdings ist aufgrund des sehr stark nichtlinearen Verhaltens mit vielen Hystereseschleifen die Entwicklung einer Regelung nicht trivial. Die Herausforderung eine geeignete Regelstrategie zu entwickeln wird erleichtert durch den Einsatz von Modellen, die die Nichtlinearitäten mathematisch präzise beschreiben. Allerdings, neben anderen wichtigen Eigenschaften, muss das Modell echtzeitfähig sein, um nutzbare Vorteile in eine Regelung bringen zu können. In dieser Arbeit wird dazu ein komplett neues phänomenologisches Modell entwickelt, welches sowohl das phasenkinetische wie auch das mechanische Verhalten von FGL-Werkstoffen abhängig von Temperatur und mechanischer Spannung beschreiben kann. Das gesamte Modell basiert ausschließlich auf expliziten und differenzierbaren analytischen Gleichungen, welche eine extrem schnelle computergestützte Berechnung ermöglichen. Das Modell wurde durch verschiedene Laborversuche validiert und weist dabei eine außerordentliche Kohärenz und Korrelation zu den in den Experimenten festgestellten Daten auf. Um dieses Modell in einem geschlossenen Regelkreis effizient verwenden zu können, wurde zudem in dieser Arbeit ein inverses Modell abgeleitet und entwickelt. Anschließend wurde eine neuartige Regelstrategie für FGL-Aktoren entwickelt, die aus einer intelligenten Kombination von Kleinsignalregelung und Großsignalregelung besteht. Der Großsignalregler, welcher für die grobe Positionregelung dient, ist ein P-P2P3 Temperaturregler, der seine zu regelnden Solltemperaturwerte aus dem inversen FGL Modell erhält. Der Kleinsignalregler dient zur Feinregelung der Position. Dafür wurden zwei unterschiedliche Regler entwickelt und miteinander verglichen: ein PD-P2P3 Regler mit einem pulsweitenmodulierten Stellsignal und ein Struktur-Variabler (VSC) Regler. Der VSC-Regler verwendet dazu eine asymmetrische Grenzumgebung, um einer möglichen Überhitzung vorzubeugen. Zusätzlich passen sich die Regelsignale adaptiv an beliebige dynamische Lasten an. In anschließenden

Versuchen wurden die neu entwickelten Regelstrategien auf ihre Robustheit, Genauigkeit, Geschwindigkeit sowie auf den Umgang mit Störgrößen getestet und validiert. Die Ergebnisse weisen eine außerordentlich gute Regeleigenschaft für diesen FGL-Aktor nach. Die Regelstrategie für den FGL-Aktor wurde dann ebenfalls zur Kraftregelung einer industriellen Spanneinrichtung genutzt. Hierzu wurde als einzuspännender Gegenstand ein dünnwandiges Reagenzglas verwendet. Der Großsignalregler ist in dieser Anwendung unverändert geblieben, wobei der Kleinsignalregler als Regelgröße nicht die Position, sondern eine Kraftvorgabe erhält. Die Regler laufen dabei mit einer Abtastzeit von nicht mehr als 3 ms in Echtzeit auf einem eingebetteten Prozessor. Die Klemmvorrichtung wurde für verschiedene Kraftvorgaben verwendet und hat neben einer ausgesprochen guten Kraftregelung auch eine sehr gute Störgrößenausregelung bewiesen.

#### Weitere Funktionen Additional functions

- Leiter Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM
- Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Kuratoriumsmitglied Fraunhofer IPT
- Wissenschaftlicher Beirat des IMMS
- Beirat des L-LAB

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

##### Entwicklung einer Hardware-in-the-Loop-Umgebung zur mehrdimensionalen Achsprüfung und Fahrwerksauslegung

In dem Projekt wird die Entwicklung eines multiaxialen Fahrzeugachsprüfstands zur HiL-basierten Erprobung und Auslegung von Fahrwerkregelsystemen verfolgt. Hierbei liegt der Forschungsschwerpunkt auf der systematischen Realisierung einer möglichst realitätsnahen HiL-Simulation, um eine Vielzahl von Anwendungsfällen und Testszenarien für mechatronische Pkw-Achsen generieren zu können. Somit entsteht erstmals die Möglichkeit, das Gesamtsystem Fahrzeugachse inklusive aller aktiven und passiven Komponenten unter realitätsnahen Bedingungen im Labor zu testen und auszulegen.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2017–2020*

##### Smart Headlamp Technology (SHT)

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines optimierten, ressourceneffizienten und vernetzten Entwicklungsprozesses für dynamische Scheinwerfersysteme. Dazu werden in dem Projekt hochdynamische Prüfstände entwickelt und realisiert, welche mittels Hardware-in-the-Loop-Simulationen und einem Fahrsimulator erlauben, lichttechnische Funktionen eines Scheinwerfers in den ersten Stadien der Produktentwicklung zu bewerten, ohne dass ein Prototyp vorliegen muss.

*Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung*

*Laufzeit: 2017–2020*

##### Optimalsteuerung für ein Mehrfachpendelsystem

Das unteraktuierte, nicht lineare 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*

##### Modellierung und Ansteuerung eines Demonstrators für dynamische Transportaufgaben

Ziel ist die Entwicklung eines Demonstrators für flexible dynamische Transportaufgaben mit „On-the-fly“-Produktübergaben zwischen verschiedenen Transportsystemen. Dabei sollen die Produkte mithilfe einer dezentralen Ansteuerung, die in Abhängigkeit von den Produktinformationen für jedes Teilsystem automatisch synchronisierte Ansteuerungstrajektorien berechnet, in kürzester Zeit zu den vorgesehenen Bearbeitungsstationen befördert werden.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

##### Maschinelles Lernen in der Regelungstechnik

Die Regelung mechatronischer Systeme basiert im klassischen Sinne maßgeblich auf einem genauen Systemverständnis und damit auf einem exakten physikalischen Modell des Systems. In Forschungsarbeiten wird aktuell untersucht, inwieweit diese Systematik auch durch Lernverfahren aus dem Bereich des „Machine

Learning“ geleistet werden kann, sodass die klassische Modellierung unterstützt wird oder gegebenenfalls ganz entfällt. Die grundlegenden Voraussetzungen für ein solches Vorgehen sind im Hinblick auf mechatronische Systeme gegeben, da im Allgemeinen zahlreiche Sensordaten über den Systemzustand vorliegen. Es bleibt jedoch zu untersuchen, ob aus diesen Datenmengen das zugrunde liegende dynamische Verhalten extrahiert und anschließend vorhergesagt werden kann.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

##### Dynamische Kraftregelung zur harmonischen Anregung nichtlinearer Teststrukturen

Im technischen Bereich gewinnt das Verständnis der dynamischen Eigenschaften von Bauteilen durch die zunehmende Verbreitung von Leichtbau immer mehr an Bedeutung. Moderne Strukturen weisen durch neue Materialien und effizientere Konstruktionen einen immer höheren Grad an nichtlinearem Verhalten auf. Um diese Effekte gezielt analysieren zu können, ist eine monofrequente Anregung der Teststrukturen mittels eines harmonischen Kraftsignals notwendig. Das Ziel ist, auf diese Weise die Effizienz sowie die Güte von Bauteiltests zu steigern.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

##### SensoBack – Entwicklung eines Leitstandsystems mit Cloud-Anbindung für die Kleingebäckproduktion

Ziel des Projekts ist es, die Ressourcenverluste bei der industriellen Kleingebäckproduktion bei gleichzeitiger Optimierung der Produktqualität zu reduzieren. Dazu wird ein intelligentes Sensorsystem für die Produktionsanlage entwickelt, sodass an mehreren Stellen im Herstellungsprozess die Qualitätsvorgaben hinsichtlich Gewicht, Form, Aussehen und Hygienezustand erfasst werden. Mithilfe der gewonnen Messdaten soll anschließend eine Prozesssteuerung ausgelegt werden, welche die Prozessparameter geeignet an die wechselnden Zutateigenschaften und Umgebungsbedingungen anpasst. Diese intelligente Produktionsanlage wird zudem mit den Kassensystemen der Bäckereifilialen durch einen „Cloudbasierten virtuellen Backmeister“ vernetzt, um die Brutto-Bedarfsmenge präziser einschätzen zu können und somit Überproduktionen zu verringern.

*Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung*

*Laufzeit: 2019–2022*

**Pilotprojekt Schlosskreuzung**

Das Projekt verfolgt die Optimierung des Verkehrsflusses zur Senkung der Emissionen und Wartezeiten aller Verkehrsteilnehmer im Testgebiet Schlosskreuzung und Residenzstraße in Schloss Neuhaus. Dazu werden die Verkehrswege im Testgebiet und sämtliche Einflussfaktoren, wie das Straßennetz selbst, vorhandene Lichtsignalanlagen sowie deren Steuerungsprogramme und Sensoren mithilfe einer Verkehrssimulationssoftware abgebildet. Auf Basis dieses Modells und den daraus generierten Informationen sollen adaptive und optimale Steuerungsalgorithmen erarbeitet werden, die den Verkehrsfluss im Testgebiet nachhaltig verstetigen. Das Vorhaben versteht sich dabei selbst als Pilotprojekt, da die entwickelten Lösungsansätze auf vergleichbare Situationen andernorts übertragen werden können. Somit profitieren auch weitere Stadtgebiete Paderborns und andere Kommunen von den erzielten Ergebnissen.

*Förderinstitution: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen*

*Laufzeit: 2019 – 2022*

## Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Philosophy of Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Publikationen Publications

Ficara, Elena: The Naturalness of Logic. In: Seddone, G. (ed.) *Naturalism and Normativity in Hegel's Philosophy*. Special issue of *Argumenta*, Journal of the Italian Society for Analytic Philosophy, 4/2 (2019), 47–57.

Ficara, Elena: Truth and Incompatibility. In: Bouché, G. (ed.) *Reading Brandom: On a Spirit of Trust*, Routledge

Ficara, Elena: Empowering Forms. Hegel's Conception of 'form' and 'formal'. In: chapter 1 of: Cesaris, A. de et al. (eds.), *Hegel, Logic and Speculation*, Bloomsbury

Heinemann, Anna-Sophie: Review: Gabriel, G.; Schlotter, S.: *Frege und die kontinentalen Ursprünge der analytischen Philosophie* (2017). In: *History and Philosophy of Logic* 40 (2019), pp. 403–406.

Heinemann, Anna-Sophie; Reichenberger, Andrea: Papst und Krenz: Zur Philosophie und Arithmetik Freges. In: Wille, M. (ed.): *Fregesche Variationen. Essays zu Ehren von Christian Thiel*, mentis, 2019, pp. 31–58.

Milkov, Nikolay: John Wisdom (1904–1993). In: Fieser, J.; Dowden, B.: *Internet Encyclopedia of Philosophy*. <https://www.iep.utm.edu/wisdom/>.

Milkov, Nikolay: Review: Wahl, R. (ed.): *The Bloomsbury Companion to Bertrand Russell*. In: *Notre Dame Philosophical Reviews* (forthcoming).

Peckhaus, Volker: Leibniz's Influence on 19th Century Logic (substantative revision Dec 18). In: Zalta, E. N. (ed.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2009 Edition). <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/Leibniz-logic-influence/>.

Peckhaus, Volker: 3 Rezensionen für *Zentralblatt für Mathematik* und ihre Grenzgebiete.

Peckhaus, Volker: 5 Rezensionen für *Mathematical Reviews*.

Wille, Matthias: „so müssen sie auch geschehen können“. Über die philosophischen Sinnbedingungen deontologischer Modellbildung.

In: Krömer, R.; Nickel, G. (eds.): *SieB – Siegener Beiträge zur Geschichte und Philosophie der Mathematik* 10 (2018), universi 2018, pp.203–220.

Wille, Matthias (ed.): *Fregesche Variationen. Essays zu Ehren von Christian Thiel*, mentis, 2019.

### Weitere Funktionen Additional functions

- Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Dekan der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn (Wiederwahl 2019)
- Mitglied des Senats der Universität Paderborn
- Mitglied des Vorstands des NRW-Fortschrittskollegs „Leicht – Effizient – Mobil“
- Mitglied der Interakademischen Leibniz-Kommission (Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften)
- 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 International Advisory Boards der Zeitschrift *British Journal for the History of Philosophy*
- Mitglied des Scientific Committees der Zeitschrift *Apória. Revista internacional de investigaciones filosóficas*

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

- Phänomen und Konstrukt. Oskar Beckers Philosophie der Mathematik (Eigenprojekt Ronny Becker)

### Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- Teilprojekt „Hybridentwicklung in Natur und Gesellschaft“ im EFRE-Projekt „Lhybs – Leichtbau mit Hybridsystemen“ (Volker Peckhaus, Matthias Wille)
- Mitwirkung im Editionsprojekt Oskar Becker, gefördert durch die DFG (Volker Peckhaus)
- Mitwirkung an der Neuausgabe der *Logik* von Immanuel Kant (Akademieausgabe) (Volker Peckhaus)
- Mitherausgeber von David Hilbert/Paul Bernays, *Grundlagen der Mathematik* (Volker Peckhaus)
- Herausgabe der Werke von Paul Bernays (Mitwirkung) (Volker Peckhaus)



## So finden Sie uns

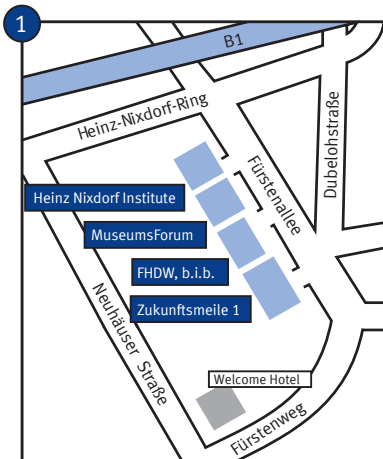
## How to find us

### 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 MuseumsForum stop (total journey time approx. 50 minutes).

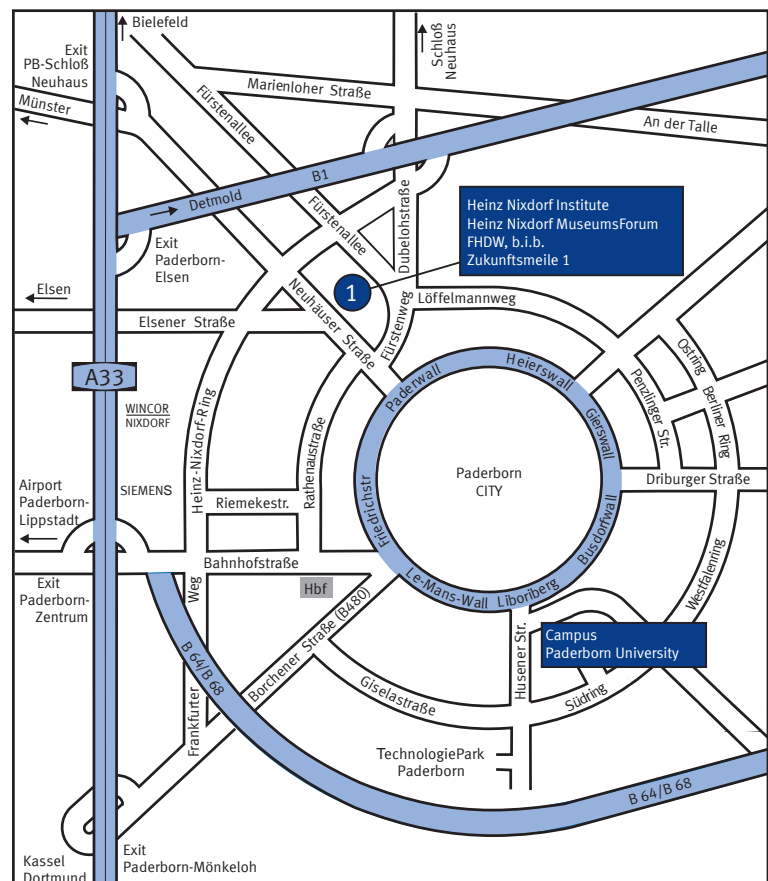
### Anreise mit der Bahn

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.-Ing. Ansgar Trächtler (Vorstandsvorsitzender)

### Redaktion & Koordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Telefon: +49 5251 | 60 62 13  
Anna Steinig, M.A.  
Telefon: +49 5251 | 60 62 09  
E-Mail: redaktion@hni.upb.de

### Kontakt

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Telefon: +49 5251 | 60 62 11

### Auflage

650 Exemplare

### Realisierung und Herstellung

Tamara Abalhad, Franziska Reichelt, Anna Steinig, Carolin Werner

### Bildnachweise

Cover: 1. Reihe 1. Bild: © it's OWL; 5. Reihe 1. Bild: © Fraunhofer IEM; 6. Reihe 1. Bild: © Carola Radke; 7. Reihe 1. Bild: © Adobe Stock/Péter Mács; 7. Reihe 2. Bild: © it's OWL  
Seiten 12/13: Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Seiten 18/19: © Adobe Stock/sdecoret  
Seiten 24/25: © Adobe Stock/WavebreakmediaMicro  
Seiten 30/31: © Fraunhofer IEM  
Seiten 34/35: © it's OWL  
Seiten 54/55 : © istock/matejmo  
Seiten 66/67: © istock/chombosan  
Seiten 102/103: © Adobe Stock/weissblick  
Seite 109: © Adobe Stock/charles taylor  
Seiten 130/131: © Adobe Stock/Péter Mács  
Seiten 142/143: © Adobe Stock/metamorworks

### Druck

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15  
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

### Berichtszeitraum

1. Januar bis 31. Dezember 2019

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.-Ing. Ansgar Trächtler (President)

### Editor & coordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Phone: +49 5251 | 60 62 13  
Anna Steinig, M.A.  
Phone: +49 5251 | 60 62 09  
E-mail: redaktion@hni.upb.de

### Contact

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institute  
Paderborn University  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49 5251 | 60 62 11

### Circulation

650 Copies

### Realisation and production

Tamara Abalhad, Franziska Reichelt, Anna Steinig, Carolin Werner

### Picture credits

Cover: 1st row 1st picture: © it's OWL; 5th row 1st picture: © Fraunhofer IEM; 6th row 1st picture: © Carola Radke; 7th row 1st picture: © Adobe Stock/Péter Mács; 7th row 2nd picture: © it's OWL  
Pages 12/13: Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Pages 18/19: © Adobe Stock/sdecoret  
Pages 24/25: © Adobe Stock/WavebreakmediaMicro  
Pages 30/31: © Fraunhofer IEM  
Pages 34/35: © it's OWL  
Pages 54/55 : © istock/matejmo  
Pages 66/67: © istock/chombosan  
Pages 102/103: © Adobe Stock/weissblick  
Page 109: © Adobe Stock/charles taylor  
Pages 130/131: © Adobe Stock/Péter Mács  
Pages 142/143: © Adobe Stock/metamorworks

### Printed by

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15  
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

### Period of review:

1 January until 31 December 2019

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 5251 | 60 62 11  
Telefax: +49 5251 | 60 62 12

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

Fuerstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49 5251 | 60 62 11  
Fax: +49 5251 | 60 62 12

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