

# 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. 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

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

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

Dr. rer. nat. Matthias Fischer  
Dr. rer. nat. Wolfgang Müller

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

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

Dipl.-Ing. Karsten Mette

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

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

Nikolai Rodehuts Kors

## **Mitglieder des Kuratoriums**

### **Members of curatorship**

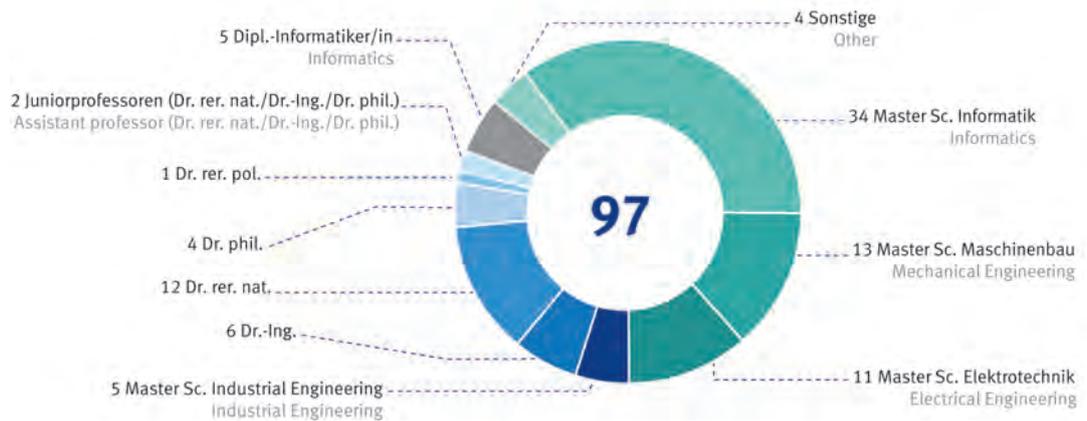
Michael Dreier, Bürgermeister der Stadt Paderborn  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Kraemer, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Prof. Dr. Jan Lunze, Ruhr-Universität 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

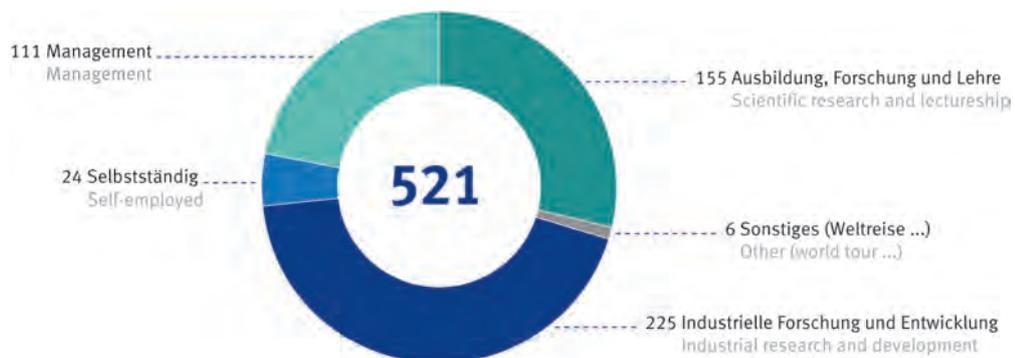


### Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

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

EvoPACE GmbH (Dr. Porrmann)

5

coactum

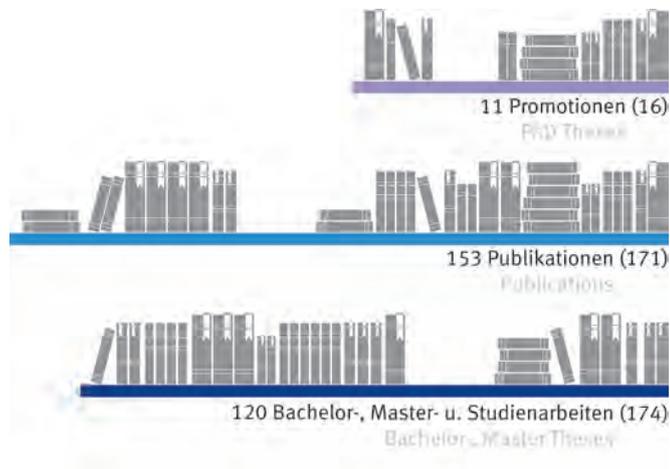
3

## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

### Scientific results and publications

(Vorjahr 2017)

(Previous year 2017)



## Drittmittel

### External funds



## Anzahl der Beschäftigten

### Number of employees



# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



Jahresbericht  
Annual Report **2018**

---

## 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>                    |
| Seite 6               | Unser Leitbild                                   |
| Seite 8               | Unser Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte |
| Seite 32              | Smart Automation Laboratory                      |
| Seite 34              | Fraunhofer IEM                                   |
| Seite 38              | Internationalität                                |
| Seite 40              | Engagement in der Nachwuchsförderung             |

### Fachgruppen des Instituts

|           |   |
|-----------|---|
| Seite 50  | Softwaretechnik<br>Prof. Dr. Eric Bodden  |
| Seite 62  | Verteilte Eingebettete Systeme<br>Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler<br>Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer  |
| Seite 72  | Produktentstehung<br>Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  |
| Seite 84  | Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen<br>Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier  |
| Seite 96  | Kontextuelle Informatik<br>Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil   |
| Seite 106 | Algorithmen und Komplexität<br>Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide<br>Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (seit Juli 2018 DMMP Gruppe, Universität Twente) |
| Seite 122 | Schaltungstechnik<br>Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt   |
| Seite 134 | Regelungstechnik und Mechatronik<br>Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler  |

---

## Content

---

### General Description

|  |              |
|--|--------------|
| Statistics of the Institute                              | Cover inside |
| Our Guiding Principles                                   | Page 6       |
| Our Research Programme and Priority Projects in Research | Page 8       |
| Smart Automation Laboratory                              | Page 32      |
| Fraunhofer IEM   | Page 34      |
| Internationality   | Page 38      |
| Commitment to Support Young Researchers                  | Page 40      |

### Workgroups of the Institute

|   |          |
|---|----------|
| Software Engineering<br>Prof. Dr. Eric Bodden   | Page 50  |
| Distributed Embedded Systems<br>Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler<br>Assistant Prof. Dr.-Ing. Christoph Sommer   | Page 62  |
| Product Creation<br>Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler   | Page 72  |
| Intelligent Systems and Machine Learning<br>Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier  | Page 84  |
| Contextual Informatics<br>Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil  | Page 96  |
| Algorithms and Complexity<br>Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide<br>Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (since July 2018 DMMP group, University of Twente) | Page 106 |
| System and Circuit Technology<br>Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt   | Page 122 |
| Control Engineering and Mechatronics<br>Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler  | Page 134 |

## Assoziierte Fachgruppe

Seite 146 **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Weitere Aktivitäten

Seite 155 **Publikationen**  
**Promotionen**  
**Messen, Tagungen, Seminare**  
**Patente, Preise, Auszeichnungen**  
**Weitere Funktionen**  
**Spin-Offs**  
**Aktuelle Forschungsprojekte**  
**Aktuelle Industriekooperationen**  
**Wissenschaftliche Kooperationen**

Seite 182 **So finden Sie uns**

Umschlag **Impressum**

## Associated Workgroup

Philosophy of Science and Technology **Page 146**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Additional Activities

**Publications** **Page 155**  
**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 182**

**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

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.

## Our Guiding Principles

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

Prosperity requires 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.

Technological change does not come about through revolution, but through evolution, through an endless series of tiny steps, which must be taken constantly.

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

Heinz Nixdorf, † 1986

## 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 context 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

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 gemeinsame 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 Entwick-

lungsmethodiken. 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 unten dargestellte Grafik zeigt 17 repräsentative Forschungs- und Entwicklungsprojekte; einige werden auf den folgenden Seiten vorgestellt.

research 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 withstand 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 17 representative research and development projects; some of these projects are presented in the following.

| 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 | INLUMIA                                       |
|   | Flexible Arbeitswelten                            | E-Lab/L-Lab  | Flexible Arbeitswelten    | Flexible Arbeitswelten    | Flexible Arbeitswelten                        |
|   | Cute Machining                                    | Cute Machining   |                           | OptiAMix                  |   |
|   | BATS  | BATS   |                           | COMPACT                   |   |
|   |   | Safety 4 Bikes   |                           | Leicht-Effizient-Mobil    |   |
|   |   | SPP 2111   |                           | SPP 2111                  |   |
| B Distributed IT-Systems                                |   | SPP 2111   |                           | SPP 2111                  |   |
|   | SFB 901   | SFB 901  | SFB 901                   | SFB 901                   |   |
|   |   | Safety 4 Bikes   | ANYWHERE                  | SAFE4I                    | ANYWHERE                                      |
| C Sociotechnical Systems                                | Digital Humanities                                | Safety 4 Bikes   |                           |                           | Digital Humanities                            |

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

- SFB 901: Sonderforschungsbereich 901 (Seite 12)  
Collaborative Research Centre 901 (Page 13)
- Flexible Arbeitswelten:  
Forschungskolleg Nordrhein-Westfalen (Seite 18)  
Forschungskolleg North Rhine-Westphalia (Page 19)
- it's OWL: Spitzencluster it's OWL (Seite 20)  
Leading-Edge Cluster it's OWL (Page 21)
- SP 2111: Elektronisch-photonsche Signalverarbeitung für sehr schnelle und energieeffiziente technische Systeme (Seite 28)  
Electronic-photonic signal processing for ultra-fast and more energy-efficient systems (Page 29)
- OptiAMix: Angepasste Methodik und IT-Werkzeuge für die Produktentwicklung (Seite 78)  
Adapted methods and IT tools for product development (Page 79)

## 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”

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

The objective of this CRC 901 is to develop methods for automatic On-The-Fly (OTF) configuration and the provision of individual IT services out of base services that are available on worldwide markets. In addition to the configuration by special OTF service providers and the provision of services 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.

#### Bisherige Förderperioden des SFB 901: Juli 2011 bis Juni 2015 sowie Juli 2015 bis Juni 2019

In den ersten beiden Förderperioden haben wir wesentliche Schritte in Richtung der Demonstration der Machbarkeit des On-The-Fly Computing gemacht, indem wir grundlegende Methoden und Techniken zur Lösung zentraler Teilprobleme des On-The-Fly Computing Paradigmas entwickelt haben. Ein Schwerpunkt in der aktuell laufenden zweiten Förderperiode war und ist die exemplarische Umsetzung einer Variante einer On-The-Fly Software-Architektur im Rahmen eines Proof-of-Concept sowie dessen Anwendung im Bereich Machine Learning. Diese Entwicklung wird auch als ganzheitlicher Demonstrator für die Machbarkeit des On-The-Fly Computing bei der nächsten Evaluation des SFB Ende Februar 2019 stehen.

#### Beantragte dritte und letzte Förderperiode des SFB 901: Juli 2019 bis Juni 2023

Für die finale Förderperiode wollen wir weitere grundlagenorientierte Herausforderungen angehen und gleichzeitig unsere in 2011 gestarteten Arbeiten bis zum Ende des SFB abrunden. Eine zentrale Aufgabe wird die Untersuchung eines geeigneten Automatisierungsgrads des On-The-Fly Computing sowie eines angemessenen Tradeoffs zwischen der Allgemeinheit der erfassten Anwendungsdomänen und der Qualität der konfigurierten IT-Dienstleistungen sein. Zudem werden wir versuchen, die Verstärkung des On-The-Fly-Computing-Paradigmas über den SFB hinaus dadurch zu erreichen, dass wir durch gezielte Veranstaltungen mit Industriepartnern sowie mittels Transfer- und ähnlichen Kooperationsprojekten die im SFB gewonnene Expertise weitergeben. Hierzu haben wir bereits in der laufenden Förderperiode Initiativen entwickelt und gestartet. So haben wir beispielsweise durch die Ausrichtung des 10. Heinz Nixdorf Symposiums die wissenschaftliche Community zu einem Diskussionsforum zum On-The-Fly Computing eingeladen, mit der erfolgreichen Beantragung zweier Transferprojekte zusammen mit der Weidmüller Interface GmbH und der Diebold Nixdorf Inc. einen auf den Ergebnissen einzelner Teilprojekte beruhenden Erkenntnistransfer initiiert und mit der Reihe „SFB meets Industry“ den Austausch und die Diskussion mit der Industrie intensiviert.



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



sfb901.upb.de

Am 13. Juni 2018 fand im Foyer des Heinz Nixdorf Instituts die erste halbtägige Veranstaltung in der Reihe „SFB meets Industry“ statt. Zu Gast war Dr. Gero Herkenrath von der Trusted Shops GmbH. Die Trusted Shops GmbH ist Europas führender Dienstleister für sicheres Online-Shopping. In seinem spannenden Leitvortrag adressierte Herr Herkenrath das Thema „Umgang mit Vertrauen – Verbesserung der Reputation eines Unternehmens mit Trusted Shops“.



Dr. Gero Herkenrath (Trusted Shops GmbH)

Am 18. Juli 2018 fand erneut im Foyer des Heinz Nixdorf Instituts die zweite Veranstaltung in der Reihe „SFB meets Industry“ statt. Zu Gast waren diesmal mit Harini Gunabalan und Dr. Thomas Decker zwei Vertreter der SAP SE. Die SAP SE ist Europas führender Softwarekonzern, der Unternehmenssoftware zur Steuerung von Geschäftsabläufen und Kundenbeziehungen herstellt. Zentrales Thema des von Harini Gunabalan vorgetragenen Leitvortrags war „Wie sich die Zukunft der Softwareentwicklung mit Cloud Computing und Künstlicher Intelligenz gestalten lässt“.

Am 15. Oktober 2018 war dann bei der dritten Veranstaltung in der Reihe „SFB meets Industry“ mit Dr. Konstantinos Samdanis ein leitender Wissenschaftler der Huawei Technologies Co., Ltd. zu Gast. Huawei ist der größte Hersteller von Telekommunikationsgeräten und der zweitgrößte Smartphone-Hersteller der Welt. Mit Kostas Samdanis haben wir die Frage diskutiert „Wie die Ergebnisse der Network Function Virtualization (NFV) Community und des SFB zusammenwirken können, um eine IT-Infrastruktur zum Leben zu erwecken, die eine Vielzahl komplexer Anwendungen schnell bereitstellen und unterstützen kann.“

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.

#### Previous Funding Periods for CRC 901: July 2011 to June 2015 as well as July 2015 to June 2019

In the first two funding periods, we have taken significant steps towards demonstrating the feasibility of On-The-Fly Computing by developing basic methods and techniques for solving key issues of the On-The-Fly Computing paradigm. In the current second funding period, the focus was and is also the exemplary implementation of a variant of an On-The-Fly software architecture as part of a Proof-of-Concept and its application in the field of Machine Learning. This development will also serve as a holistic demonstrator for the feasibility of On-The-Fly Computing at the next evaluation of the CRC at the end of February 2019.

#### Proposed Third and Therefore Final Funding Period of CRC 901: July 2019 to June 2023

For the final funding period, we want to tackle further basic challenges and, at the same time, round off the work we started in 2011 until the end of the CRC. A central task will be to investigate a suitable degree of automation for On-The-Fly Computing and an appropriate trade-off between the generality of the application domains covered and the quality of the configured IT services. In addition, we will try to achieve the continuity of the On-The-Fly Computing paradigm beyond the CRC by passing on the expertise gained in the CRC through targeted events with industrial partners as well as transfer and similar cooperation projects. We have already developed and launched initiatives for this in the current funding period. For example, by hosting the 10th Heinz Nixdorf Symposium, we invited the scientific community to a discussion forum on On-The-Fly Computing, initiated a knowledge transfer based on the results of individual subprojects with the successful application of two transfer projects together with Weidmüller Interface GmbH and Diebold Nixdorf Inc., and intensified the exchange and discussion with industry with the series “SFB meets Industry”.

On 13 June 2018, the first half-day event in the series “SFB meets Industry” took place in the foyer of the Heinz Nixdorf Institute. Dr. Gero Herkenrath from Trusted Shops GmbH was a guest. Trusted Shops GmbH is Europe’s leading service provider for secure online shopping. In his exciting keynote lecture, Mr. Herkenrath addressed the topic “Dealing with trust – Improving the reputation of a company with trusted shops”.

On 18 July 2018, the second event in the series “SFB meets Industry” took place again in the foyer of the Heinz Nixdorf Institute. This time, two representatives of SAP SE, Harini Gunabalan and Dr. Thomas Decker, were guests. SAP SE is Europe’s leading software group that produces enterprise software for managing business processes and customer relationships. The central theme of the keynote lecture given by Harini Gunabalan was “How the future of software development can be shaped with cloud computing and artificial intelligence”.



Harini Gunabalan (SAP SE)

On 15 October 2018, Dr. Konstantinos Samdanis, a “Principal Researcher” of Huawei Technologies Co., Ltd., was a guest at the third event in the “SFB meets Industry” series. Huawei is the largest manufacturer of telecommunications equipment and the second largest smartphone manufacturer in the world. With Kostas Samdanis, we discussed the question of “How the results of the Network Function Virtualization (NFV) community and the CRC can work together to bring to life an IT infrastructure that can rapidly deploy and support a variety of complex applications”.



Dr. Konstantinos Samdanis (Huawei Technologies Co., Ltd.)



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



Supported by: German Research Foundation (DFG)



sfb901.upb.de

## Aufbau und Begleitung regionaler Bildungsnetze



Das Heinz Nixdorf Institut gehört zu den Pionieren des E-Learning. Seit mehr als 20 Jahren werden hier internet-basierte Dienste konzipiert, entwickelt und eingesetzt, um das Lehren und Lernen zu unterstützen. Die Alltagstauglichkeit 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 zunächst bis 2019 beschlossenen Bildungspartnerschaft im Vordergrund. Auf diese Weise profitiert nicht nur der Schulunterricht vom Ein-

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

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

 **Dr. 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)

## 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 werden.

Das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW fördert inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze zur Lösung der komplexen Fragestellungen unserer Zeit. An sechs Einrichtungen wird zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen geforscht. Das Heinz Nixdorf Institut ist durch Professorin Iris Gräßler und Professor Eric Bodden an zwei Forschungskollegs (FK) beteiligt. Aufgrund 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

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

 **Xiaojun Yang, M.Sc.**  
E-Mail: Xiaojun.Yang@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 57

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

auf die Arbeitswelt und die Rolle des Menschen hat. Neben den technischen Herausforderungen von Industrie 4.0 erfährt insbesondere die Rolle der Beschäftigten über die gesamte Wertschöpfungskette einen erheblichen Wandel. Die Entwicklung von menschenzentrierten Steuerungssystemen und die Sicherheit solcher neuen Systeme sind die beiden Hauptaspekte, die vom Heinz Nixdorf Institut erforscht werden.

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

Das FK LEM ist durch die Anwendung von hybriden Bauteilen und hybriden Werkstoffen motiviert: Neue Methoden zur Auslegung, Entwicklung und Fertigung ermöglichen die gezielte Absenkung der Massen von Komponenten im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Unter anderem wurde im Rahmen einer „Denkschule“ im September 2018 mit Vertretern der Zivilgesellschaft über die Anwendung transdisziplinärer Forschung für Mobilitätslösungen diskutiert. Eine zentrale Rolle nimmt das Vorhaben der Fachgruppe „Produktentstehung“ ein: Wie können widersprüchliche Anforderungen aus wirtschaftlicher Modulbauweise und ressourcensparendem Leichtbau mithilfe eines geeigneten Komplexitätsmanagements optimal adressiert werden?

## 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 participated 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 Ministry of Culture and Science is funding inter- and transdisciplinary research projects to solve the complex problems of our time. At six institutions, PhD students conduct research on major societal challenges. Members of the Heinz Nixdorf Institute, namely Professor Iris Gräßler and Professor Eric Bodden, are involved in two Forschungskollegs (FK). 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

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

 **Xiaojun Yang, M.Sc.**  
E-mail: Xiaojun.Yang@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 57

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

in such systems. Cyber Physical Systems enable new possibilities for the flexible reconfiguration of value chains and increasing efficiency. In addition to the existing technical challenges in developing such systems, the role of employees is facing a significant change across the entire value chain. The development of human-centred control systems and the safety of such new systems are the two main aspects being explored by the Heinz Nixdorf Institute.

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

The motivation behind the FK LEM is driven by hybrid components and hybrid materials: New methods for the design, development and manufacturing enable the reduction of weight in machinery, plant and vehicle construction. Amongst other events, the young scientists discussed the application of transdisciplinary research for mobility solutions during their summer school entitled “Denkschule” in September 2018. 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; how could complexity management help to find optimal trade-offs between these concepts?

## Spitzencluster it's OWL: Digitale Transformation gestalten

Künstliche Intelligenz, Digitale Plattformen und Arbeit 4.0



Das Technologie-Netzwerk it's OWL startet ab Dezember 2018 mit neuen Projekten. Darin entwickeln Unternehmen und Forschungseinrichtungen Ansätze 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.

Wie wird die digitale Transformation den Mittelstand verändern? Wie können neue Technologien genutzt werden, um Produkte, Produktionsverfahren und Arbeitsbedingungen zu verbessern? Wie können neue Geschäftspotenziale erschlossen werden? Diese Fragen beschäftigen Unternehmen im produzierenden Gewerbe. In Ostwestfalen-Lippe werden mithilfe des Spitzenclusters it's OWL – Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe – Lösungen für diese Herausforderungen entwickelt. Dazu haben sich über 200 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Organisationen im Technologienetzwerk zusammengeschlossen. 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 fünf Jahren als Motor für die Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes in Ostwestfalen-Lippe etabliert. In der kommenden Förderphase ab 2018 sollen insgesamt mindestens 100 Millionen Euro in Projekten umgesetzt werden. Das Land NRW stellt dafür Fördermittel im Umfang von 50 Millionen Euro zur Verfügung, mindestens die gleiche Summe kommt aus der Industrie.

### Intelligente Technische Systeme

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

Derartige Systeme werden als Intelligente Technische Systeme bezeichnet. Sie sind adaptiv, robust, vorausschauend und benutzungsfreundlich. Intelligente Technische Systeme passen sich ihrer Umgebung und den Wünschen ihrer Anwender an. Sie stiften Nutzen im Haushalt, in der Produktion, im Handel, auf der Straße; sie sparen Ressourcen, sind intuitiv zu bedienen und verlässlich. Beispiele sind ein Trockner, der sich sekundenschnell an den sich ändernden Strompreis anpasst und gleichwohl dank Selbstoptimierung ein Spitzenergebnis liefert, eine Produktionsmaschine, die vom Werker auch bei

## Leading-Edge Cluster it's OWL – Shaping Digital Transformation

Artificial Intelligence, Digital Platforms and Work 4.0

The it's OWL technology network is launching new projects in December 2018, with companies and research institutions developing approaches to 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.

How will digital transformation change the world of SMEs? How can we use new technologies to improve products, production processes and working conditions? How can we tap new business potential? These are just some of the questions affecting companies in the production industry. In Ostwestfalen-Lippe, leading-edge cluster it's OWL (short for Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe) is helping to develop solutions to these issues. More than 200 companies, research institutions and organisations are involved in the technology network. 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 five years as a driving force for competitiveness in Ostwestfalen-Lippe's production industry. During the coming funding phase from 2018, a total of no less than 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.

### Intelligent Technical Systems

The mechanical engineering systems of the future will rely on interaction between mechanics, electronics, control technology, software technology and new materials, and demonstrate inhe-

rent intelligence going beyond mechatronics. Information technology and non-technical disciplines such as cognitive science, neurobiology or linguistics 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.

These are called intelligent technical systems. They are adaptive, proactive and user-friendly. Intelligent technical systems adapt to their environment and their users' wishes. They offer benefits for households, production, trade and on the street, save resources, and are reliable and intuitive to use. Examples include a tumble dryer that adapts to changing electricity prices in a matter of seconds and still provides a top result thanks to self-optimisation, a production machine that is easy for operators to use even on difficult tasks and knows when it requires maintenance, or a large laundry system that automatically washes, dries, irons and folds every item of laundry using minimal water, energy and detergent.

The spectrum ranges from intelligent sensors, drives and automation components to machines, domestic appliances and vehicles to networked systems such as production facilities,

schwierigsten Aufgaben leicht zu bedienen ist und die weiß, wann es Zeit für ihre Wartung wird, und eine Großwäscherei-anlage, die jedes Wäschestück automatisch wäscht, trocknet, bügelt und faltet, und das in höchster Qualität und unter minimalem Einsatz von Wasser, Energie und Waschmittel.

Das Spektrum reicht von intelligenten Sensoren, Antrieben und Automatisierungskomponenten über Maschinen, Haushaltsgeräte und Fahrzeuge bis hin zu vernetzten Systemen wie Produktionsanlagen, Smart Grids und Cash-Management-Systemen, wofür der Begriff Cyber-Physical Systems steht. High-tech-Produkte und Produktionsverfahren also, die kein Selbstzweck sind, sondern ihren Anwendern ganz konkrete Vorteile in puncto Bedienung, Verlässlichkeit, Sicherheit, Kosteneffizienz und Ressourcenschonung bieten.



Prozessoptimierung durch die intelligente Vernetzung von Landmaschinen.  
Optimising processes by intelligently networking agricultural machinery.

**Lösungen für Industrie 4.0 im Mittelstand**

Von 2012 bis 2017 wurden im Rahmen des Spitzenclusters mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung 47 Projekte umgesetzt. Darin haben Unternehmen und Forschungseinrichtungen Lösungen entwickelt, mit denen Unternehmen die Zuverlässigkeit, Ressourceneffizienz und Benutzerfreundlichkeit ihrer Geräte, Maschinen und Anlagen verbessern können.

So haben die Weltmarktführer der Automatisierungstechnik neue Lösungen für die Produktion von morgen erarbeitet. Das Spektrum reicht von intelligenten Steuerungen und Antrieben über Data Analytics, durchgängige Datennutzung und maschinelles Lernen bis zu kollaborativer Robotik.

DMG MORI hat intelligente Werkzeugmaschinen konzipiert, Kannegiesser eine ressourceneffiziente selbstoptimierende Großwäscherei. Selbstbedienungsterminals von Diebold Nixdorf wurden mit intelligenten Bedienschnittstellen ausgestat-

tet. Claas hat die Vernetzung und Umfelderkennung von Landmaschinen vorangetrieben. Hella hat intelligente Scheinwerfer entwickelt und die Reichweite von Elektroautos verbessert. Das Heinz Nixdorf Institut war bei zahlreichen Projekten eingebunden.

Grundlage dafür waren Basistechnologien, mit denen die Hochschulen und Forschungseinrichtungen Ergebnisse der Spitzenforschung für die Unternehmen verfügbar gemacht haben. Dabei ging es um die Bereiche Selbstoptimierung, Mensch-Maschine-Interaktion, intelligente Vernetzung, Energieeffizienz und Systems Engineering. Das Querschnittsprojekt Selbstoptimierung wurde durch das Heinz Nixdorf Institut koordiniert, das darüber hinaus auch im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion eingebunden war.

Davon haben durch ein innovatives Transferkonzept vor allem kleine und mittlere Unternehmen profitiert. In 171 Transferprojekten konnten sie konkrete Herausforderungen im Betrieb lösen und erste Schritte auf dem Weg zur Industrie 4.0 gehen. Die Rückmeldungen sind hervorragend: 74 Prozent der Unternehmen sind mit dem Projektablauf zufrieden. 69 Prozent geben an, dass sie eine wesentliche Weiterentwicklung vollzogen haben.

**Motor für die Entwicklung des Standortes Ostwestfalen-Lippe**

it's OWL ist ein starker Impuls für die Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes in Ostwestfalen-Lippe. Seit dem Start des Spitzenclusters 2012 haben die Unternehmen rund 7.500 neue Arbeitsplätze geschaffen.

34 Unternehmen im Bereich der flexiblen Fertigung wurden gegründet. Dazu gehören beispielsweise die Instandhaltungsplattform Werkbliq und die verlinked GmbH, die Lösungen für die Kommunikation von Maschinen anbietet. Solihde entwickelt individuelle Lösungen für die Geschäftsprozessoptimierung. Und Assembly Solutions konzipiert passgenaue Assistenzsysteme für die Montage und Wartung.

Sieben Forschungsinstitute sind entstanden, darunter das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM (Paderborn) und das Fraunhofer IOSB INA – Abteilung Industrial Automation (Lemgo). Darüber hinaus wurden an den sechs Hochschulen unter Einbindung der Wirtschaft 23 neue praxisnahe Studiengänge geschaffen – darunter viele duale und berufsbegleitende Angebote. So konnte die Anzahl der MINT-Studierenden um 48 Prozent gesteigert werden.

smart grids and cash management systems, covered by the term cyber-physical systems. These high-tech products and production processes are not ends in themselves, but instead provide their users with concrete benefits in terms of operation, reliability, security, cost efficiency and saving resources.

**Solutions for “Industrie 4.0” in SMEs**

From 2012 to 2017, 47 projects were undertaken as part of the leading-edge cluster with the support of the Federal Ministry of Education and Research. Companies and research institutions developed solutions allowing companies to improve the reliability, resource efficiency and user-friendliness of their devices, machinery and systems.

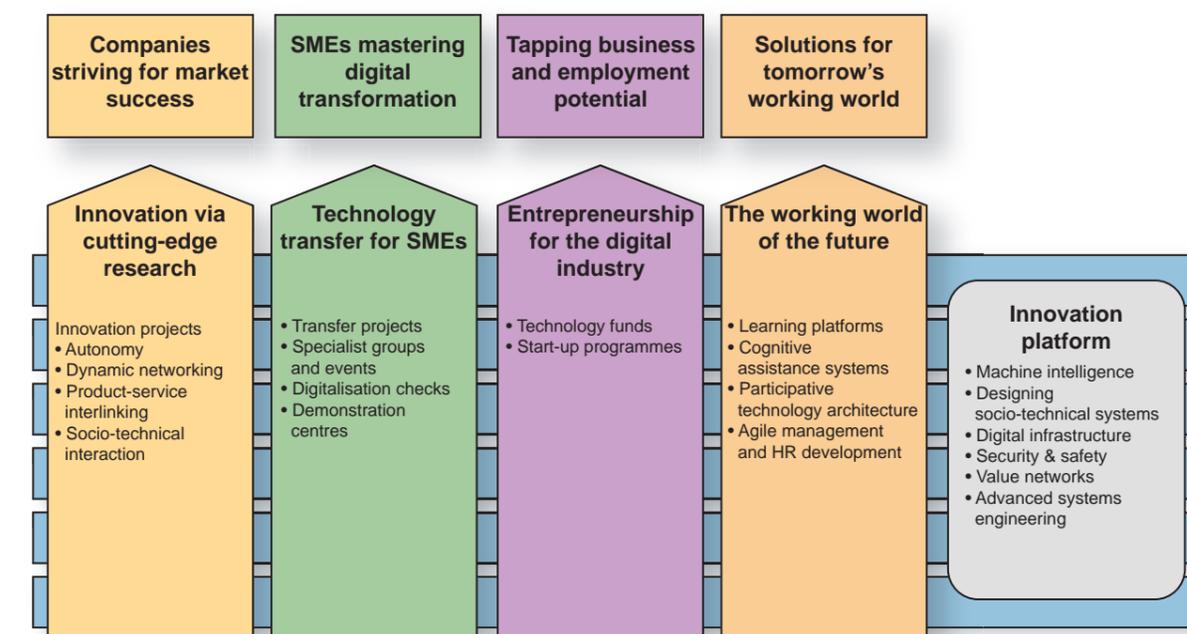
The global leaders in automation technology thus developed new solutions for the production of the future. These range from intelligent control and operation to data analytics, continuous data sharing and machine learning to collaborative robotics.

DMG MORI designed intelligent machine tools and Kannegiesser created a resource-efficient self-optimising large laundry system. Self-service terminals from Diebold Nixdorf were equipped with an intelligent operating interface. Claas

furthered networking and environment recognition in agricultural machinery. Hella developed intelligent headlamps and improved the range of electric cars. The Heinz Nixdorf Institute was involved in numerous projects.

The foundation for these were basic technologies which universities and research institutions used to make the findings of top research available to companies. They covered the fields of self-optimisation, human-machine interaction, intelligent networking, energy efficiency and systems engineering. The interdisciplinary self-optimisation project was coordinated by the Heinz Nixdorf Institute, which was also involved in the field of human-machine interaction.

Some participants, particularly SMEs, benefited from an innovative transfer concept: they were able to solve specific operational issues and take their first steps along the path to “Industrie 4.0” across 171 transfer projects. Feedback was excellent: 74 of companies were satisfied with the implementation of the project, and 60 percent said that they had taken a significant step forward.



Programmstruktur it's OWL 2018 – 2022  
Program Structure it's OWL 2018 – 2022



Bringen die Zukunft von it's OWL auf den Weg: (v.l.) Prof. Dr. Ingeborg Schramm-Wölk (Präsidentin der FH Bielefeld und Vorsitzende Campus OWL), Günter Korder (Geschäftsführer it's OWL), Regierungspräsidentin Marianne Thomann-Stahl, Herbert Weber (Geschäftsführer it's OWL), Prof. Dr. Jürgen Gausemeier (Vorsitzender Clusterboard it's OWL), Dr. Stefan Breit (Geschäftsführer Miele) und Prof. Dr. Roman Dumitrescu (Geschäftsführer it's OWL) informierten im Juli 2018 über den Start der zweiten Förderphase von it's OWL.

Setting it's OWL on the path to the future: (f.l.) Prof. Dr. Ingeborg Schramm-Wölk (President of FH Bielefeld and Chair of Campus OWL), Günter Korder (Managing Director of it's OWL), District President Marianne Thomann-Stahl, Herbert Weber (Managing Director of it's OWL), Prof. Dr. Jürgen Gausemeier (Chair of it's OWL Cluster Board), Dr. Stefan Breit (CEO of Miele) and Prof. Dr. Roman Dumitrescu (Managing Director of it's OWL) provide information about the start of it's OWL's second funding phase in July 2018.

### 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.

Um ihre Technologieführerschaft und Wettbewerbsfähigkeit zu behaupten, müssen Unternehmen daher die Intelligenz in ihren Produkten und Produktionsverfahren erhöhen und neue Nutzenpotenziale erschließen. Dazu werden im Technologie-Netzwerk neue Technologiefelder erschlossen. Dabei geht es um maschinelle Intelligenz, die Gestaltung von sozio-technischen Systemen, digitale Infrastruktur, 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 (Autonomie, dynamische Vernetzung, sozio-technische Interaktion und Produkt-Service-Verzahnung).

### Maschinelles Lernen, Plattformen und digitaler Zwilling

Die ersten vier Innovationsprojekte starten zum 1. Dezember 2018. Dabei geht es beispielsweise um maschinelles Lernen in der Produktion. Ziel des Projekts ist es, 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 Unternehmen Benteler, Hanning, KEB, Lenze, Miele und Weidmüller werden dafür gemeinsam mit vier Forschungseinrichtungen neue Methoden entwickeln und auf einer Plattform für weitere Unternehmen verfügbar machen. Durch maschinelles Lernen werden die Produktivität und Effizienz der Produktion erheblich steigern. Maschinenauffälle und Ausschuss werden vermieden. Der Einsatz von Energie und Materialien wird erheblich reduziert.

In zwei weiteren Projekten geht es neun Unternehmen und vier Forschungseinrichtungen darum, 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 Auftrags-eingang über Produktion bis zur Logistik eine durchgehende Lösung für den Kunden anbieten.

Ein weiteres Projekt fokussiert die Entwicklung, die Nutzung und die 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.

### Den Mittelstand beim digitalen Wandel unterstützen

Ein weiterer Schwerpunkt ist der Technologietransfer in den Mittelstand. Kleine und mittlere Unternehmen können in Trans-

### Driving Force for Developing Ostwestfalen-Lippe as a Location

it's OWL provides a powerful boost to the competitiveness of Ostwestfalen-Lippe's production industry. Companies have created around 7,500 new jobs since the leading-edge cluster was established in 2012.

34 companies have been founded in the field of flexible production, including the maintenance platform Werkbliq and verlinked GmbH, which provides machine communication solutions. Solihde develops individual solutions for business process optimisation, and Assembly Solutions designs tailor-made assistance systems for assembly and maintenance.

Seven research institutes have been created, including the Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM (Paderborn) and the Fraunhofer IOSB INA Industrial Automation branch (Lemgo). In addition, six universities have created 23 new practical courses incorporating business – including many dual and on-the-job programmes – resulting in the number of STEM students increasing by 48 percent.

### 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.

In order to assert their technology leadership and be competitive, companies must therefore increase the intelligence of their products and production processes and tap new potential benefits. To do so, the technology network is tackling new technological fields such as 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. This is based on innovation projects undertaken by companies and research institutions to develop solutions for the challenges set (autonomy, dynamic networking, socio-technical interaction and product-service interlinking).

### Machine Learning, Platforms and Digital Twinning

The first four innovation projects are launching on 1 December 2018. One topic being covered is machine learning in production. The aim of the 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 companies Benteler, Hanning, KEB, Lenze, Miele and Weidmüller are working with four research institutions 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.

Two other projects incorporating nine companies and four research institutions are exploiting the potential of digital platforms for small and medium-sized 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.

Another 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.

### Supporting SMEs through Digital Change

Another 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

ferprojekten 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 eine Förderung von bis zu 80 Prozent der Gesamtkosten erhalten, mittlere Unternehmen (bis 249 Beschäftigte) bis zu 60 Prozent.

#### Neue Geschäftskonzepte und Förderung von Start-ups

Die digitale Transformation verändert Märkte und Geschäftsmodelle. Dadurch bieten sich für Start-ups hervorragende Chancen, neue Märkte zu erobern und sich zu etablieren. Ostwestfalen-Lippe und das Technologienetzwerk bieten dafür ein optimales Umfeld. Denn im Gegensatz zu anderen deutschen Start-up-Regionen finden die Gründerinnen und Gründer hier einen direkten Zugang zu potenziellen Kunden in der Industrie.

Aus der Zusammenarbeit im Cluster und den Projekten entstehen neue Ansätze für intelligente Produktionsverfahren und Smart Services. Bis 2022 sollen 30 neue Geschäftsideen identifiziert und gemeinsam mit den Unternehmen und Hochschulen zu erfolgreichen Geschäftskonzepten ausgearbeitet werden. Dazu werden beispielsweise Disrupt-Workshops von Wissenschaftler/-inne/n, Studierenden und Clusterunternehmen organisiert. Neue Beteiligungsmodelle für Start-ups werden entwickelt.

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

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



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

Bei der Ausarbeitung ihres Geschäftskonzepts finden die Gründerinnen und Gründer umfangreiche Unterstützung durch die Clusterpartner. Das Innovationslabor OWL der vier staatlichen Hochschulen bietet beispielsweise Qualifizierungs- und Beratungsangebote. Inkubatoren wie die garage33 in Paderborn, das Innovationszentrum auf dem Campus Bielefeld, der knOWL-LedgeCube auf dem Campus Lemgo, die Founders Foundation und das Denkwerk Herford bieten zielgerichtete Programme und Coworking-Spaces. Der Technologiefonds OWL und die Business Angels OWL ermöglichen Zugang zum Wachstumskapital. Die Initiative „Startup Region\_OWL“ vernetzt Gründer und weitere Akteure in Ostwestfalen-Lippe.

#### Arbeit 4.0 – Arbeitsbedingungen optimieren und Beschäftigte unterstützen

Informations- und Kommunikationstechnologien verändern die Produktions- und Entwicklungsarbeit. Algorithmen helfen bei der Entscheidungsfindung. Assistenzsysteme unterstützen die Beschäftigten bei der Einrichtung und Wartung von Maschinen und Anlagen sowie bei der Montage. Virtuelle Prototypen können in realen Produktionsumgebungen getestet werden, digitale Systeme erhöhen die Produktzuverlässigkeit, fördern die Kundenbindung und minimieren die Produktion von Ausschussgütern.

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 sich Unternehmen unter neuen Technologien an die konkreten Anwendungsbereiche anpassen und dabei die Beschäftigten aktiv einbinden und qualifizieren.

Im Technologienetzwerk entwickeln und erproben Unternehmen, Hochschulen und Gewerkschaften neue Lösungen für die Digitalisierung der Arbeitswelt. Ein Leitprojekt startet im Dezember. Dabei geht es um Lernplattformen, 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 können, um individualisiertes Lernen zu ermöglichen. Benteler und Claas erarbeiten eine gemeinsame Lernplattform. Die Ergebnisse und Erfahrungen werden Unternehmen des Clusters zugänglich gemacht, insbesondere auch kleinen und mittleren Betrieben.

to 50 employees) can receive funding for up to 80 percent of the total costs of a transfer project, and medium-sized companies (up to 249 employees) up to 60 percent.

#### New Business Concepts and Promoting Start-ups

Digital transformation is changing markets and business models, providing start-ups with excellent opportunities to capture new markets and establish themselves. Ostwestfalen-Lippe and the technology network are the perfect environment for this, as unlike other German start-up regions, company founders here have direct access to potential customers in industry.

Collaborations within the cluster and its projects have produced new approaches for intelligent production procedures and smart services. 30 new business ideas are expected to have been identified and developed into successful business concepts with help of companies and universities by 2022. These include disrupt workshops organised by academics, students and cluster companies. New participation models are being developed for start-ups.

Company founders receive comprehensive support from cluster partners when developing their business concepts. For example, the OWL innovation laboratory run by the state's four universities offers qualification and consulting services. Incubators like garage33 in Paderborn, the innovation centre at Campus Bielefeld, knOWLedgeCube at Campus Lemgo, the Founders Foundation, and Denkwerk Herford offer numerous programmes and coworking spaces. The OWL Technology Fund and OWL Business Angels provide access to growth capital. The "Startup Region\_OWL" initiative links up company founders and other key players in Ostwestfalen-Lippe.

#### Work 4.0 – Optimising Working Conditions and Supporting Employees

Information and communication technologies are changing production and development work. Algorithms help with decision making. Assistance systems help employees with the setup, maintenance and assembly of machinery and facilities. Virtual prototypes can be tested in real production environments, and digital systems increase product reliability, promote customer loyalty and minimise waste production.

The social aspects of workplace design particularly come to the fore in a digitalised 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 develop new solutions for digitalising the working world. A lead project begins in December 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, whilst Benteler and Claas are developing a joint learning platform. The results and experiences are being made accessible to companies within the cluster, in particular SMEs.



Arbeit 4.0: VR- und AR-Brillen als digitale Assistenzsysteme sind in Smart Factories keine Seltenheit mehr.  
Work 4.0: VR and AR glasses as digital assistance systems are no longer a rare sight in smart factories.

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

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

## Professor Scheytt koordiniert DFG-Schwerpunktprogramm 2111

Elektronisch-photonische Signalverarbeitung für sehr schnelle und energieeffiziente technische Systeme



Das Schwerpunktprogramm hat zum Ziel, grundlegende Grenzen der konventionellen elektronischen Signalverarbeitung zu überwinden. Basierend auf den faszinierenden Möglichkeiten der nanophotonischen-nanoelektronischen Integration wird untersucht, wie durch einen grundlegenden Paradigmenwandel von der klassischen elektronischen hin zur elektronisch-photonischen Signalverarbeitung Schaltungen, Algorithmen und Systeme verbessert werden können.

Optische Signalverarbeitung hat große Vorteile im Hinblick auf Geschwindigkeit (Bandbreite) und ist wesentlich energieeffizienter als elektrische Signalverarbeitung. Optische Daten lassen sich überdies mit sehr geringen Verlusten übertragen. Auf der anderen Seite ist die elektronische Signalverarbeitung mit Mikroprozessoren sehr kosteneffizient, verwendet extrem kleine Prozesselemente – Transistoren – und ermöglicht Datenspeicherung, wodurch Software, komplexe Algorithmen und komplexe Systemarchitekturen möglich werden.

Derzeit sind die elektronische und die optische Signalverarbeitung klar getrennte Domänen. In den letzten Jahren wurden jedoch sehr erfolgreich elektronisch-photonische Integrations-technologien entwickelt. Insbesondere Siliziumphotonik-Technologie erlaubt es erstmalig, optische Bauelemente zusammen mit digitalen Prozessoren, Speicher, Software und analoger Elektronik auf einem Chip zu integrieren. Dies ermöglicht die extreme Miniaturisierung von Optik und die räumlich nahe Realisierung von Optik und Elektronik in nanophotonisch-nanoelektronischen Schaltungen.

Das Schwerpunktprogramm hat das Ziel, das Potenzial der elektronisch-photonischen Signalverarbeitung und Integration

aus der Systemperspektive zu untersuchen. Es bringt Forscher aus Physik, Elektrotechnik und Informatik zusammen, um interdisziplinär an neuen elektronisch-photonischen Schaltungen, Algorithmen, Systemen, Kommunikationsverfahren und Sensortechnologien zu forschen. Derzeit werden von der DFG im Rahmen des SPP 11 Projekte mit 17 Principle Investigators und 22 Doktoranden gefördert. Das SPP wird von Professor Christoph Scheytt von der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ koordiniert. Es startete im Juli 2018 mit einer Kickoff-Veranstaltung im Heinz Nixdorf Institut.

 **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.upb.de/sct](http://www.hni.upb.de/sct)

## Professor Scheytt coordinates DFG Priority Programme 2111

Electronic-photonic signal processing for ultra-fast and more energy-efficient systems

The goal of the Priority Programme is to disrupt the limitations of conventional electronic signal processing by means of electronic-photonic signal processing. Based on the fascinating possibilities of emerging nanophotonic-nanoelectronic integration technologies, it will be investigated as to how a paradigm shift from purely electronic signal processing to electronic-photonic signal processing will improve circuits, algorithms and systems.

Optical signal processing has tremendous advantages with respect to speed (bandwidth) and it is typically much more energy-efficient than electronic signal processing. Furthermore, optical signal transmission is less lossy. On the other hand, microprocessors are very cost-efficient, use extremely small processing elements – transistors – can store data, are programmable by means of software and they allow for sophisticated signal processing algorithms and system architectures.

Nowadays, optical and electronic circuits are still clearly separated domains. In recent years, photonic-electronic integration technologies, such as silicon photonics, have advanced significantly. Especially silicon photonics technology offers, for the first time, the possibility to combine optical devices together with digital processors, memory and software on a single chip. It allows for miniaturised optics, close proximity of optics and electronics, improves speed and reduces energy consumption and size. These new possibilities will allow for breaking up the paradigm of separate domains of optical and electronic signal processing and makes it necessary to rethink fundamentally how signal processing circuits, algorithms, signal processors, communication networks etc. should be realized in order to

 **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)

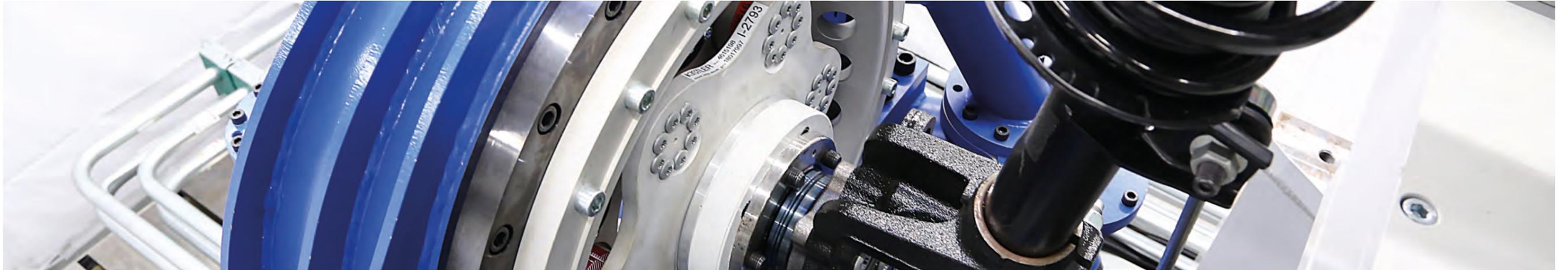
 [www.hni.upb.de/en/sct](http://www.hni.upb.de/en/sct)

exploit the full potential of nanophotonic/nanoelectronic integrated systems.

The goal of the Priority Programme is to investigate the potential of electronic-photonic integration and signal processing from a system perspective. In interdisciplinary teams, researchers from physics, electrical engineering and computer sciences conduct research on novel electronic-photonic circuits, algorithms, systems, communication networks and sensors. Currently, the German Research Foundation (DFG) funds 11 projects, with 17 Principle Investigators and 22 PhD students. The SPP 2111 started in July 2018 with a joint kick-off meeting at the Heinz Nixdorf Institute.

## Fahrzeugachsprüfstand mit hochdynamischem Hexapod

DFG-Projekt zur Hardware-in-the-Loop-Simulation mechatronischer 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.

### Multidirektionale Achsprüfung mit einem Hexapod

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurde ein neuartiges Prüfkonzept zur multidirektionalen Belastung von gesamten Fahrzeugachsen realisiert. Der Prüfstand besteht aus einem hydraulischen Hexapod mit sechs parallelkinematisch angeordneten Hydraulikzylindern und ermöglicht die realitätsnahe räumliche Belastung von Fahrzeugachsen. Der Clou dieses Prüfstands besteht in seinem Regelungskonzept und der dynamischen Auslegung und Abstimmung seiner Komponenten, welche die hochdynamische Regelung ermöglichen. Während bei gängigen Prüfständen für Betriebsfestigkeitsuntersuchungen die Anregungssignale durch aufwendige, in vielen Iterationen zu erlernende und damit unflexible Steuerungen realisieren, werden sie hier direkt online aus Messdaten eingeregelt.

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

Neben dem Einsatz des Prüfkonzepts zur konventionellen Achsprüfung, in der gemessene oder synthetische Fahrbahnprofile direkt aufgeprägt werden, ist auch der Einsatz in einer Hardware-in-the-Loop (HiL) Simulation möglich. Diese aus dem Bereich der Steuergeräteentwicklung bekannte Methode zielt darauf ab, eine Komponente zu testen, ohne das Restsystem

physikalisch zu realisieren. Bei der HiL-Simulation einer mechatronischen Fahrzeugachse wird also nur diese real aufgebaut, während die restlichen Komponenten des Gesamtsystems „Fahrzeug“, u. a. Karosserie, Reifen, Fahrer und Umwelteinflüsse, auf einem Echtzeitrechner simuliert werden. Die Kopplung von realer Fahrzeugachse und Restfahrzeugmodell geschieht über den Hexapoden und Sensorik (Kraft-, Wegsensoren). Die HiL-Technik ermöglicht den Test von Achsen mit aktiven Fahrwerkregelsystemen (regelbare Dämpfer, Stabilisatoren) im Systemverbund. Dieses Vorhaben wird ebenfalls von der DFG gefördert.

 **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

DFG project on hardware-in-the-loop simulation of 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 test drives and to replace them by means of fast and reproducible tests in the laboratory.

### Multidirectional vehicle suspension testing with a hexapod

With the support of the German Research Foundation (Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG), a novel test concept for the multidirectional excitation of entire vehicle axles has been realised. The test rig consists of a hydraulic hexapod with six hydraulic cylinders in a parallel-kinematic arrangement and allows to simulate a realistic spatial load on the vehicle axle. The key feature of the test rig is its control concept and the underlying design of the dynamic behavior of its components which together facilitate high-dynamical closed-loop control operation. In common test rigs for operational stability, the excitation signals are realised via unflexible open-loop control involving time-consuming iterative learn procedures. In contrast, in our test rig, the excitation signals are realised by a closed-loop control structure in real-time directly from the measurement data.

### Hardware-in-the-Loop simulation

Beside conventional suspension and axle testing, where measured or synthetic road profiles are directly applied, also the use in Hardware-in-the-Loop (HiL) simulation is possible. Widely used in the development of electronic control units,

 **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)

the HiL-method aims to test a component without physically realising the remaining system. Analogously, within a HiL simulation of mechatronic vehicle suspension systems only the suspension system is physically built up, while the remaining vehicle components (car body, tires, driver and environmental influences) are simulated on a real-time computer. The coupling of the vehicle suspension and the remaining vehicle models is realised by the hexapod as actuator and sensors (e. g. force sensors). The HiL technique enables development and testing of active chassis control systems like active roll stabilisers or dampers within the entire system assembly. This research project is also funded by the DFG.

## Smart Automation Laboratory

Praxisnahe Forschung und Entwicklung in der Fabrik der Zukunft



Industrie 4.0 ist als Forschungsthema bezogen auf Innovationen von Produkt und Produktion allgegenwärtig. Konkret geht es unter anderem darum, dass sich alle Einheiten eines Produktionssystems über das Internet dezentral koordinieren und bei Bedarf flexibel rekonfigurieren. In aktuellen Projekten im Smart Automation Laboratory wird die Umsetzung dieses Aspekts von Industrie 4.0 praxisnah erforscht.

Industrie 4.0 beschreibt den Innovationssprung der Produktion hin zu intelligenten, vernetzten Systemen. Durch die Vernetzung von Maschinen, Betriebsmitteln, Werkstücken sowie Lager- und Transportsystemen über das Internet der Dinge und Dienste koordiniert sich die Produktion dezentral und rekonfiguriert sich bei Bedarf flexibel. Gleichzeitig ermöglicht die unternehmensübergreifende Vernetzung von Geschäfts- und Produktionsprozessen ein durchgängiges Engineering und die Bildung von Wertschöpfungsnetzwerken. Ziel des Smart Automation Laboratory ist die Erforschung von Fragestellungen zur Umsetzung von Industrie 4.0. Mit Industrie 4.0 verbundene Veränderungen werden sichtbar gemacht und mögliche Auswirkungen dargestellt.

Im Wesentlichen besteht das Labor aus zwei Fertigungszellen (einer Drehmaschine und einer Fräsmaschine), einem 3D-Drucker, einem Materialflusssystem, einem Montageroboter und weiteren Robotern, die die Fertigungszellen und den Montage-

roboter mit dem Materialflusssystem verbinden. Jede Einheit ist hierbei mit einem lokalen Rechnersystem ausgestattet, welches jeweils die Überwachung und Steuerung des jeweiligen Teiles des Produktionssystems übernimmt und eine Kommunikationsschnittstelle bereitstellt. Jede Komponente ist anhand dieser lokalen Rechnersysteme über ein dynamisches Peer-to-Peer-Netzwerk vernetzt. Dadurch können die Aufträge an das Produktionssystem automatisiert ausgeführt werden und sich die Einheiten des Produktionssystems selbstständig vernetzen und konfigurieren (Plug & Produce).

Ein Forschungsschwerpunkt liegt hierbei auf einem dezentralen Produktionssteuerungssystem, bei dem durch die Einheiten des Produktionssystems selber eine Steuerung des Gesamtsystems erfolgen soll. Auf Basis von kundenindividuellen Produktmodellen koordinieren sich die Maschinen, Lager- und Transportsysteme auftragsabhängig selber. Um diese Selbststeuerung des Produktionssystems zu ermöglichen und die Vorteile davon zu nutzen, ist eine neue Qualität von Produktdaten erforderlich. Gleichzeitig bietet das Labor die einmalige Möglichkeit, die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Beschäftigte zu untersuchen und deren Bedürfnisse bei der Gestaltung neuer Systeme zu berücksichtigen.

 Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  
E-Mail: 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 to describe research topics concerning product and production innovations. Specifically, “Industrie 4.0” includes the objective of self-controlling production with the decentral coordination of all production system units. Flexible reconfiguration is realised on demand. The Smart Automation Laboratory serves as an environment to practically implement aspects of “Industrie 4.0”.

“Industrie 4.0” describes the innovation leap from production systems to intelligent, connected systems. By connecting machines, equipment, workpieces as well as storage and transport systems over the Internet, the production is centrally controlled and, if necessary, flexibly reconfigured. At the same time, the cross company connection of business and production processes enables comprehensive engineering and the creation of value-adding networks. The aim of the Smart Automation Laboratory is to research aspects on implementing “Industrie 4.0”. In this way, changes related to “Industrie 4.0” are made visible and the possible effects are demonstrated.

The laboratory consists of two production cells (a lathing machine and a milling machine), a 3D-printer, 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 to achieve an automated coordination of the system using a dynamic peer-to-peer network. 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).

The research currently focuses on decentralised production control. The entire production system is controlled by the involved units themselves. On the basis of customer-specific product models, the machines, storage and transport systems coordinate themselves. In order to enable this self-control of the production system, a new quality of product data is necessary. The laboratory offers a unique opportunity to examine the effects of “Industrie 4.0” on employees and to consider their needs when engineering the systems.

 Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  
E-mail: 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.

Die Entwicklung komplexer technischer Systeme erfordert eine fachübergreifende Kommunikation und ein transparentes Verwalten von Informationen. Das Fraunhofer IEM forscht seit 2011 zum Entwicklungsansatz Model-Based Systems Engineering (MBSE). Grafische Modelle unterstützen, etwa mit der Methode CONSENS, die fachübergreifende Kommunikation in der Produktentstehung und im gesamten Produktlebenszyklus. Der Einsatz von Software-Werkzeugen optimiert die modellbasierte Produktentwicklung zusätzlich. Im Spitzencluster it's OWL arbeitete das Fraunhofer IEM mit vielen mittelständischen Partnern zusammen und erkannte, dass im Mittelstand oft ein geringer finanzieller und zeitlicher Spielraum für die Einführung neuer Werkzeuge besteht. Zusammen mit dem japanischen Software-Unternehmen ISID integrierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler CONSENS in das Tool iQuavis von ISID – der Beginn einer Erfolgsgeschichte für die beteiligten Partner und das Systems Engineering insgesamt.

### TwoPillars: Erste Ausgründung forciert digitales Engineering

Das Qualitätsmanagement-Werkzeug iQUAVIS erfüllte viele Anforderungen auf Anhieb. Es ist einfach und intuitiv zu bedienen und kommt ohne besondere Modelliersprachen oder Pro-

grammierungen aus. Nach jahrelanger Zusammenarbeit gründeten die Fraunhofer-Gesellschaft und ISID im Juni 2018 die Two Pillars GmbH, die erste Ausgründung des Fraunhofer IEM. Zwei ehemalige Mitarbeiter des Forschungsinstituts, Dr. Christian Tschirner und Christian Bremer, bieten künftig die Software iQUAVIS an, die besonders kleine und mittlere Unternehmen bei der modellbasierten Produktentwicklung unterstützt. Der Sitz des Unternehmens ist Paderborn. Das Fraunhofer IEM wird Two Pillars mit seiner Methodenkompetenz im Bereich Systems Engineering auch zukünftig begleiten. So wird iQUAVIS im Rahmen von gemeinsamen Projekten weiterentwickelt. Infos zu Two Pillars gibt es unter [www.two-pillars.de](http://www.two-pillars.de).

### CogniCrypt: Tool für sichere Software-Entwicklung

Auch für die sichere Software-Entwicklung arbeitet das Fraunhofer IEM an Werkzeugen, die Entwicklerinnen und Entwicklern die sichere Implementierung erleichtern. So haben das Fraunhofer IEM, die TU Darmstadt und das Heinz Nixdorf Institut im Oktober 2018 einen Kryptographie-Assistenten vorgestellt, den sie im Rahmen des Sonderforschungsbereichs CROSSING entwickelt haben. Das Tool CogniCrypt unterstützt Entwicklerinnen und Entwickler bei der Anwendung von Kryptographie in ihrer

## 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.

The development of complex technical systems requires interdisciplinary communication and transparent management of information. Since 2011, the Fraunhofer IEM has been researching the development approach Model-Based Systems Engineering (MBSE). Graphical models, such as in the CONSENS method, support interdisciplinary communication in product development and throughout the entire product life cycle. The use of software tools additionally optimises model-based product development. In the leading edge cluster it's OWL, the Fraunhofer IEM worked together with many small and medium-sized companies and recognised that there is often little scope (in terms of time and expense) for the introduction of new tools in small and medium-sized companies. Together with the Japanese software company ISID, the scientists integrated CONSENS into ISID's iQuavis tool - the beginning of a success story for the partners involved and for systems engineering as a whole.

### TwoPillars: First spin-off pushes digital engineering

The quality management tool iQUAVIS fulfilled many requirements right away. It is easy and intuitive to use and requires no special modelling languages or programming. After years of cooperation, the Fraunhofer-Gesellschaft and ISID founded Two

Pillars GmbH in June 2018, the first spin-off of the Fraunhofer IEM. Two former employees of the research institute, Dr. Christian Tschirner and Christian Bremer, will offer the software iQUAVIS, which supports especially small and medium-sized enterprises in model-based product development, in the future. The company is based in Paderborn, Germany. The Fraunhofer IEM will continue to support Two Pillars with its method competence in the field of systems engineering. Thus, iQUAVIS is developed further in the context of common projects. Information on Two Pillars can be found at [www.two-pillars.de](http://www.two-pillars.de).

### CogniCrypt: Tool for secure software development

Fraunhofer IEM is also working on tools for secure software development that make it easier for developers to implement the software safely. In October 2018, the Fraunhofer IEM, the TU Darmstadt and the Heinz Nixdorf Institute presented a cryptography assistant developed as part of the CROSSING Collaborative Research Center. The tool CogniCrypt supports developers in the application of cryptography in their software and checks the correct use and configuration. In order to make use as simple as possible, CogniCrypt can be seamlessly integrated into the existing engineering process. The crypto assis-

Software und überprüft die korrekte Verwendung und Konfiguration. Um die Benutzung so einfach wie möglich zu machen, lässt sich CogniCrypt nahtlos in den bestehenden Engineering-Prozess einbinden. Der Krypto-Assistent integriert sich in die Eclipse-Entwicklungsumgebung und steht unter der „Eclipse Public License“ frei zur Verfügung. Interessenten können ab sofort weltweit auf das Tool zugreifen. Ziel ist eine lebendige Community mit anderen Universitäten und Forschungseinrichtungen, die CogniCrypt nutzen und gemeinsam weiterentwickeln. Informationen gibt es unter [www.cognicrypt.de](http://www.cognicrypt.de).



Johannes Späth und Dr. Claudia Priesterjahn haben CogniCrypt am Fraunhofer IEM weiterentwickelt.  
Johannes Späth and Dr. Claudia Priesterjahn work with CogniCrypt at Fraunhofer IEM.

### Start zweier FVA-Projekte

Die Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) arbeitet intensiv mit dem Fraunhofer IEM zusammen. In 2018 starteten dazu gleich zwei neue Vorhaben. Im Projekt „Simulationsmodelle für elektrische Antriebstechnik“ entwickelt das Fraunhofer IEM gemeinsam mit dem Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik (IAL) der Leibniz Universität Hannover systemübergreifende Simulationsmodelle für elektrische Antriebssysteme. Im Projekt „Instrumentarium zur FVA-Technologiefrüherkennung“ erforschen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Zukunftsmeile mit dem Heinz Nixdorf Institut und dem Lehrstuhl für Konstruktionstechnik und Antriebstechnik der Universität Paderborn die technologischen Entwicklungen der Antriebstechnik. Ergebnis ist ein umfassendes Technologie-Radar für die FVA.

### Studie Autonome Systeme für EFI-Gutachten

Gemeinsam mit der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech und dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) analysierte das Fraunhofer IEM Deutschlands Position im Bereich autonomer Systeme im internationalen Vergleich. Die Studie floss in das Jahresgutachten

der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) ein, das im März 2018 in Berlin vorgestellt wurde. Eine zentrale Erkenntnis der Studie: Für die Entwicklung Autonomer Systeme ist der Aufbau umfangreicher Kompetenzen in den Bereichen Systemintegration, Entwicklungsprozesse und Werkzeuge im Sinne des Systems Engineerings unumgänglich/entscheidend. Die Studie zeigt, dass eine ausgereifte Technologiebasis sowie ein etablierter Wissens- und Technologietransfer zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu den Stärken Deutschlands zählen und dass die Bundesrepublik im internationalen Vergleich eine gute Ausgangsposition im Bereich Autonome Systeme belegt. Die Studie wirft aber auch eine Reihe von Risiken und Handlungsfeldern auf. Die EFI-Studie 2018 ist online unter [www.e-fi.de](http://www.e-fi.de) zu finden.

### „Digital in NRW“ arbeitet weiter

Seit Anfang 2016 unterstützt „Digital in NRW – Kompetenz für den Mittelstand“ erfolgreich kleine und mittlere Betriebe beim Thema Digitalisierung. Das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) hat jetzt einer Verlängerung des Kompetenzzentrums bis 2020 zugestimmt. Die Digitalisierungs-Expertinnen und Experten werden damit für zwei weitere Jahre mit 4,5 Millionen Euro gefördert. Veranstaltungen, Workshops und Lab-Touren können nach Beendigung der ersten Förderphase Ende 2018 nahtlos weitergeführt werden. Das Fraunhofer IEM, das gemeinsam mit der Universität Bielefeld und dem Fraunhofer IOSB-INA die Geschäftsstelle OWL koordiniert, freut sich auf spannende neue Themen rund um die Digitalisierung. So stehen etwa Künstliche Intelligenz, Machine Learning oder Blockchain auf dem Programm. Zwei weitere Geschäftsstellen des Kompetenzzentrums, welches seit 2016 aktiv ist, befinden sich in der Metropolregion Ruhr (Fraunhofer IML) und im Rheinland (WZL und FIR der RWTH Aachen).



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)

tant integrates into the Eclipse development environment and is freely available under the Eclipse Public License. Interested parties can now access the tool from anywhere in the world. The aim is to create a lively community with other universities and research institutions that use CogniCrypt and jointly develop it. Information is available at [www.cognicrypt.de](http://www.cognicrypt.de).

### Start of two FVA projects

The Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) is working intensively with the Fraunhofer IEM. Two new projects were launched in 2018. In the project “Simulation Models for Electrical Drive Technology”, Fraunhofer IEM is developing cross-system simulation models for electrical drive systems together with the Institute for Drive Systems and Power Electronics (IAL) at Leibniz University of Hanover. In the project “Instrumentarium zur FVA-Technologiefrüherkennung”, the scientists at the Zukunftsmeile with the Heinz Nixdorf Institute and the Chair of Design Technology and Drive Technology at the Paderborn University are researching the technological developments in drive technology. The result is a comprehensive technology radar for the FVA.

### Study Autonomous Systems for EFI Report

Together with the German Academy of Science and Engineering acatech and the German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), the Fraunhofer IEM analysed Germany’s position in the field of autonomous systems in an international comparison. The study was included in the annual report of the Expert Commission on Research and Innovation (EFI), which was presented in Berlin in March 2018. A central finding of the study: For the development of autonomous systems, the development of extensive competencies in the areas of system integration, development processes and tools in the sense of systems engineering is crucial. The study shows that a mature technology base and an established knowledge and technology transfer between research institutions and companies are among Germany’s strengths and that the Federal Republic of Germany has a good starting position in the field of autonomous systems in an international comparison. However, the study also raises a number of risks and fields of action. The EFI Report 2018 can be found online at [www.e-fi.de](http://www.e-fi.de).



Tommy Falkowski hat mit seinen Kollegen vom Fraunhofer IEM eine Studie zu Autonomen Systemen für das EFI Gutachten erstellt.  
Tommy Falkowski and his colleagues from Fraunhofer IEM have conducted a study on Autonomous Systems for the EFI report.

### “Digital in NRW” continues to work

Since the beginning of 2016, “Digital in NRW – Kompetenz für den Mittelstand” has been successfully supporting small and medium-sized businesses in the field of digitalisation. The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) has now approved an extension of the Competence Centre until 2020. The digitalisation experts will receive 4.5 million euros in funding for a further two years. Events, workshops and lab tours can be continued seamlessly after the end of the first funding phase at the end of 2018. The Fraunhofer IEM, which coordinates the OWL office together with the University of Bielefeld and the Fraunhofer IOSB-INA, is looking forward to exciting new topics centred on digitisation. For example, artificial intelligence, machine learning and blockchain are on the agenda. Two further offices of the Competence Centre, which has been in operation since 2016, are located in the Ruhr Metropolitan Region (Fraunhofer IML) and the Rhineland (WZL and FIR of RWTH Aachen University).



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)

## Internationalität

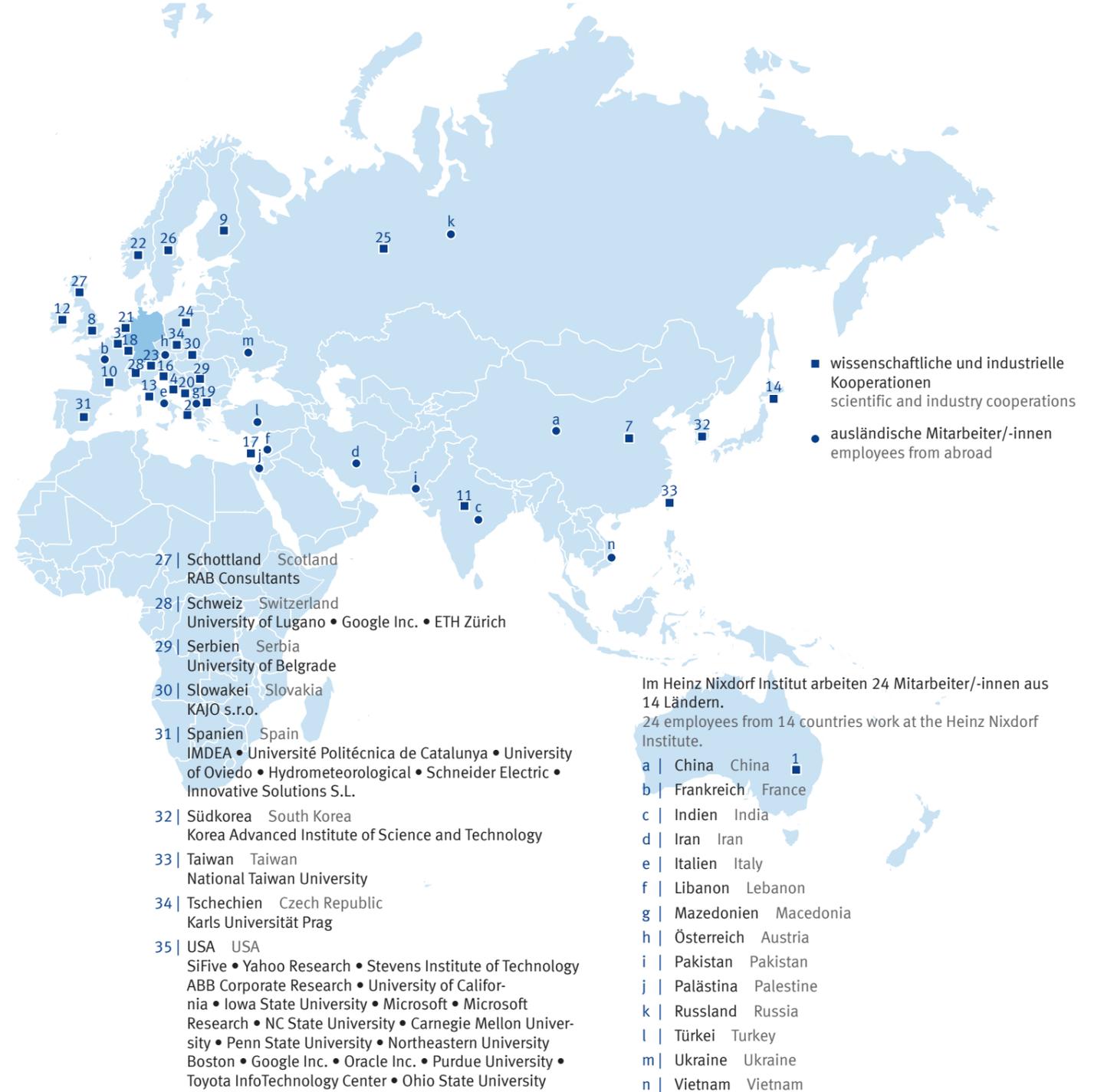
Wir kooperieren mit 85 ausländischen Partnern.  
We cooperate with 85 partners from abroad.

- 1 | Australien Australia  
Oracle Labs
- 2 | Albanien Albania  
Universiteti i Tiranës
- 3 | Belgien Belgium  
Ghent University
- 4 | Bosnien und Herzegowina Bosnia and Herzegovina  
Univerzitet u Sarajevu • Univerzitet u Banjoj Luci
- 5 | Brasilien Brazil  
University of Campinas
- 6 | Chile Chile  
University of Chile
- 7 | China China  
Fujitsu Labs
- 8 | England England  
The Open University • University of Liverpool • University of Warwick • European Centre for Medium range Weather Forecasts • Loughborough University
- 9 | Finnland Finland  
Finnish Meteorological Institute • Tampere University of Technology • Microteam Oy • Minima Processor • Noiseless Imaging Oy • Visy Oy
- 10 | Frankreich France  
CNRS – Laboratoire d'études de Transferts en Hydrologie et Environnement • AIRBUS Defence & Space • Frecsys • IRT – Université Paul Sabatier • Predict Services • Technical University of Compiègne • Thales Group
- 11 | Indien India  
IIT Delhi
- 12 | Irland Ireland  
Trinity College Dublin
- 13 | Italien Italy  
University of Trento • Scuola Superiore Sant'Anna di Studi Universitari e di Perfezionamento • Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale • Rina Services
- 14 | Japan Japan  
Fujitsu Labs
- 15 | Kanada Canada  
Polytechnique Montreal • Concordia University • University of Alberta • McGill University
- 16 | Kroatien Croatia  
University Zagreb
- 17 | Libanon Lebanon  
Haigazian University • Lebanese American University
- 18 | Luxemburg Luxembourg  
SnT Universität Luxembourg
- 19 | Mazedonien Macedonia  
Ss. Cyril and Methodius University



- 20 | Montenegro Montenegro  
Univerzitet Crne Gore
- 21 | Niederlande Netherlands  
Vrije Universiteit • Delft University of Technology
- 22 | Norwegen Norway  
University of Bergen • University of Oslo
- 23 | Österreich Austria  
Technische Universität Wien • Abix GmbH • SparxSystems Software
- 24 | Polen Poland  
Poznan University of Technology
- 25 | Russland Russia  
Altaier Staatliche Technische Universität
- 26 | Schweden Sweden  
Sandvik, Mälardalen University

## Internationality



- 27 | Schottland Scotland  
RAB Consultants
- 28 | Schweiz Switzerland  
University of Lugano • Google Inc. • ETH Zürich
- 29 | Serbien Serbia  
University of Belgrade
- 30 | Slowakei Slovakia  
KAJO s.r.o.
- 31 | Spanien Spain  
IMDEA • Universitè Politècnica de Catalunya • University of Oviedo • Hydrometeorological • Schneider Electric • Innovative Solutions S.L.
- 32 | Südkorea South Korea  
Korea Advanced Institute of Science and Technology
- 33 | Taiwan Taiwan  
National Taiwan University
- 34 | Tschechien Czech Republic  
Karls Universität Prag
- 35 | USA USA  
SiFive • Yahoo Research • Stevens Institute of Technology  
ABB Corporate Research • University of California • Iowa State University • Microsoft • Microsoft Research • NC State University • Carnegie Mellon University • Penn State University • Northeastern University  
Boston • Google Inc. • Oracle Inc. • Purdue University • Toyota InfoTechnology Center • Ohio State University

Im Heinz Nixdorf Institut arbeiten 24 Mitarbeiter/-innen aus 14 Ländern.  
24 employees from 14 countries work at the Heinz Nixdorf Institute.

- a | China China 1
- b | Frankreich France
- c | Indien India
- d | Iran Iran
- e | Italien Italy
- f | Libanon Lebanon
- g | Mazedonien Macedonia
- h | Österreich Austria
- i | Pakistan Pakistan
- j | Palästina Palestine
- k | Russland Russia
- l | Türkei Turkey
- m | Ukraine Ukraine
- n | Vietnam Vietnam

## 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.

2018 haben mehr als 120 Studierende bei uns ihre Abschlussarbeit erstellt. 100 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 18). 39 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 nicht länger autonom, sondern als Einheit agieren – dank enger Abstimmung untereinander fahren sie mit Kleinstabständen hintereinander auf der Straße oder mithilfe von Mikromanöversensoren durch kreuzenden Verkehr – aber auch mobile Systeme in der Luft fallen in das Interessensgebiet der Fachgruppe. Der

Schwerpunkt der Forschung liegt im Bereich Kommunikation: Der drahtlose Austausch von Informationen zwischen Fahrzeugen – und von Fahrzeugen 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 Menschens in dieses Gesamtsystem.

2018 hat einer unser bisherigen Juniorprofessor/-inn/en einen Ruf an eine andere Universität erhalten und angenommen:

Im Juli 2018 ist **Alexander Skopalik** einem Ruf der Universität Twente gefolgt. Er arbeitet dort als Assistant Professor am Lehrstuhl „Discrete Mathematics and Mathematical Programming“ (DMMP). Skopalik ist ein Experte für algorithmische Spieltheorie. Er forscht an neuen Methoden und Mechanismen zur Optimierung und Abstimmung von Angebot und Nachfrage in intelligenten Energienetzen. Skopalik war von 2012 bis Juni 2018 Juniorprofessor bei Professor Meyer auf der Heide in der Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“.

## 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 and 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 2018, more than 120 students wrote their thesis with us. 100 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 19). 39 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 endowed workgroup “Cooperative Mobile Systems” tackles research questions of computer-controlled mobile systems that coordinate their behaviour with one another. A prime example of such systems are autonomous 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 to safely cross intersecting traffic flows without stopping) – and, moving beyond roads, aerial mobile

systems can benefit from similar solutions. In all of this, the focus of research is on communication: exchanging information wirelessly between vehicles – and between vehicles and infrastructure – is what makes cooperation possible. Of particular interest are the possibilities offered by technology mixes like 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.

In 2018, one of our former Assistant Professors was offered at another university and accepted it:

In July 2018, **Alexander Skopalik** accepted a position at the University of Twente. He works there as an Assistant Professor at the group of Discrete Mathematics and Mathematical Programming (DMMP). Skopalik is an expert in algorithmic game theory. He will research new methods and mechanisms to optimise and balance supply and demand in intelligent energy networks. From 2012 to June 2018, Skopalik was a junior professor at Professor Meyer auf der Heide in the “Algorithms and Complexity” workgroup.

## Unsere Kooperationspartner in der Industrie

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



## Our Partners in Industry

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



## Berufsausbildung an unserem Institut

Das Heinz Nixdorf Institut hat die Kompetenz und die Infrastruktur, jungen Menschen eine Berufsausbildung zu ermöglichen. Wir engagieren uns hier seit Jahren; wir bilden Fachinformatiker/-innen Fachrichtung Systemintegration und Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme aus. Im Moment werden 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

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 33 Fachinformatiker/-innen, Fachrichtung Systemintegration). Die aktuellen Auszubildenden sind:

Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Matthias Sürig

Fachinformatiker/-innen – Fachrichtung Systemintegration:

- Björn Drüke
- Tobias Kruse

## Apprenticeship at the Heinz Nixdorf Institute

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

Electronics engineers for devices and systems produce components and devices for information technology or communication technology applications, for example. They put the systems and devices into operation 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 engineer for devices and systems, one Information technology officer and 33 Computer scientist, subject area system integration). The current trainees are:

Electronics engineer for devices and systems:

- Matthias Sürig

Computer scientist, subject area system integration:

- Matthias Sürig
- Tobias Kruse

»» Konfigurieren, Installieren und Einrichten –  
Technischer Support ist meine Leidenschaft ««

»» Configuration, installation and setup –  
technical support is my passion. ««

Björn Drüke

## Alumni

1.

**Dr. Marie Christin Platenius-Mohr**  
**Unternehmen:** ABB Corporate Research, Ladenburg

Marie Platenius-Mohr ist im ABB Forschungszentrum in Ladenburg in der Gruppe Software Systems and Architecture angestellt. Dort arbeitet sie an Forschungsprojekten um die Themen Internet of Things, Industrie 4.0, Softwarearchitektur und Informationsmodellierung.

*Promotion 2016 bei Prof. Schäfer und Prof. Bodden an der Universität Paderborn*

2.

**Dr. rer. nat. Bastian Bloessl**

**Forschung:** Trinity College Dublin  
Bastian Bloessl gewann ein Marie-Sklodowska-Curie-PostDoc-Stipendium, das einen zweijährigen Aufenthalt in Dublin finanziert. Dort arbeitet er an realistischen Simulationsmodellen für die Signalausbreitung in Fahrzeug- und Sensornetzen.

*Promotion 2018 bei Prof. Dr. Falko Dressler an der Universität Paderborn*

3.

**Professor Dr. Marcin Biénkowski**

**Forschung:** Institut für Informatik, Universität Wrocław, Polen  
Marcin Biénkowski ist Professor für Informatik am Institut für Informatik der Universität Wrocław in Polen und leitet dort die Gruppe kombinatorische Optimierung. Im Rahmen seiner Forschung beschäftigt er sich mit Online- und Näherungsalgorithmen für Netzwerkprobleme: Datei- und Servicemigration, Paketplanung, Pufferung und Aggregation.

*Promotion 2005 bei Prof. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn*

4.

**Dr.-Ing. Kareem Abdelgawad**

**Unternehmen:** AUDI AG, Ingolstadt  
Kareem Abdelgawad arbeitet an der Entwicklung neuartiger Co-Simulationsplattformen für die durchgängige Funktionsentwicklung und -absicherung bei der Audi AG. Dort treibt er insbesondere die Weiterentwicklung von Systems Engineering Prozessen und Methoden im Kontext autonomer und vernetzter Fahrfunktionen voran.

*Promotion 2017 bei Prof. Gausemeier und Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*

5.

**Matthias Lochbichler**

**Unternehmen:** IABG mbH  
Matthias Lochbichler ist Projektleiter für Systeme und Plattformen im Geschäftsfeld Verteidigung und Sicherheit der IABG. Dort begleitet er militärische Entwicklungs- und Beschaffungsprogramme. 2019 wechselt er als Spezialist für Model-Based Systems Engineering zur Daimler AG.

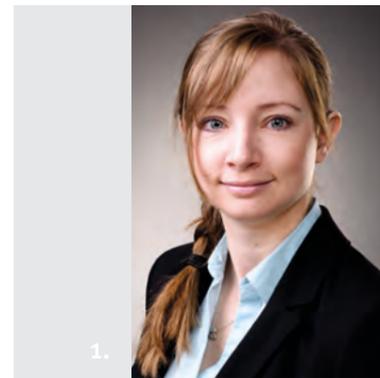
*Promotion geplant 2019 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*

6.

**Christopher Lankeit**

**Unternehmen:** Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, Paderborn  
Christopher Lankeit ist Leiter der Gruppe Fahrzeugtechnik. Er koordiniert Projekte für neuartige Fahrzeugkonzepte und stellt sich den Herausforderungen neuer Technologien, um die anwendungsorientierte Forschung voran zu bringen und einen Transfer in die Industrie zu realisieren.

*Promotion geplant 2019 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*



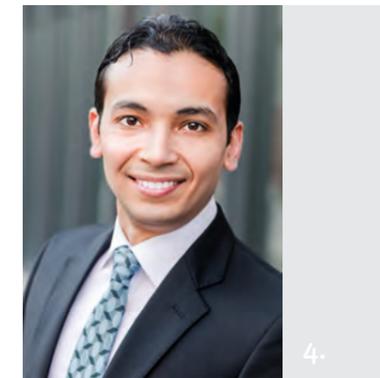
1.



2.



3.



4.



5.



6.

## Alumni

1.

**Dr. Marie Christin Platenius-Mohr**  
**Company:** ABB Corporate Research, Ladenburg

Marie Platenius-Mohr works for ABB Corporate Research in Ladenburg in the group Software Systems and Architecture. It is there that she is involved in research projects on the Internet of Things, "Industry 4.0", Software Architecture and Information Modelling.

*Graduation in 2016 with Prof. Schäfer and Prof. Bodden at Paderborn University*

2.

**Dr. rer. nat. Bastian Bloessl**

**Research:** Trinity College Dublin  
Bastian Bloessl won a Marie Skłodowska-Curie PostDoc Fellowship, which funds a two year stay in Dublin. At Trinity College, he works on realistic simulation models for signal propagation in vehicular and sensor networks.

*Graduation 2018 with Prof. Dr. Falko Dressler at Paderborn University*

3.

**Professor Dr. Marcin Biénkowski**

**Research:** Institute of Computer Science, Wrocław University, Poland  
Marcin Biénkowski is Professor of Computer Science at the Institute of Computer Science of the Wrocław University in Poland, where he heads the Combinatorial Optimisation Group. His research focuses on online and approximation algorithms for network problems: file and service migration, packet scheduling, buffering and aggregation.

*Graduation in 2005 with Prof. Meyer auf der Heide at Paderborn University*

4.

**Dr.-Ing. Kareem Abdelgawad**

**Company:** AUDI AG, Ingolstadt  
Kareem Abdelgawad works on the development of a new co-simulation platform for continuous functions development and validation at Audi AG. Particularly, he develops Systems Engineering processes and methods in order to overcome the current challenges during the development of autonomous and connected driving functions.

*Graduation in 2017 with Prof. Gausemeier and Prof. Trächtler at Paderborn University*

5.

**Matthias Lochbichler**

**Company:** IABG mbH  
Matthias Lochbichler is a project manager for systems and platforms land in the defence and security division of IABG. He accompanies military development and procurement programmes. In 2019 he will move on to Daimler AG as a specialist for model-based systems engineering.

*Graduation planned for 2019 with Prof. Trächtler at Paderborn University*

6.

**Christopher Lankeit**

**Company:** Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM  
Christopher Lankeit is a manager for the Automotive group within the Scientific Automation division. He leads projects for novel vehicle concepts and faces the challenges of emerging technologies to transfer the approaches into industrial usage.

*Graduation planned for 2019 with Prof. Trächtler at Paderborn University*

## Portraits der Fachgruppen



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

### Fachgruppen des Instituts

#### Softwaretechnik

Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme

Prof. Dr. Eric Bodden

#### Verteilte Eingebettete Systeme

Verteilte Eingebettete Realzeitsysteme werden beherrschbar

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

#### 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

#### Kontextuelle Informatik

Technik für Menschen gestalten

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

#### Algorithmen und Komplexität

Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (seit Juli 2018 DMMP Gruppe, Universität Twente)

#### Schaltungstechnik

Integrierte Schaltungen für Kommunikation und Sensorik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

#### Regelungstechnik und Mechatronik

Entwurf, Regelung und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

#### Assoziierte Fachgruppe

#### Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Workgroup Portraits



### Workgroups of the Institute

#### Software Engineering

Safety and Security for software-intensive systems

Prof. Dr. Eric Bodden

#### Distributed Embedded Systems

Distributed Embedded Real-time Systems become Manageable

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

#### 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

#### Contextual Informatics

Designing Technology for People

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

#### Algorithms and Complexity

High Performance = Innovative Computer Systems + Efficient Algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (since July 2018 DMMP group, University of Twente)

#### System and Circuit Technology

Integrated Circuits for Communications and Sensors

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

#### Control Engineering and Mechatronics

Design, Control and Optimisation of Intelligent Mechatronic Systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

#### Associated Workgroup

#### Philosophy of Science and Technology

Reflecting on Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## 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 und auch neuartigen 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/software-engineering](http://www.hni.upb.de/en/software-engineering)



## 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 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

Auch im Jahr 2018 wurde die Arbeit der Fachgruppe mehrfach international ausgezeichnet. So erhielt die Publikation „Do Android Taint Analysis Tools Keep their Promises?“ – eine gemeinsame Arbeit mit Professor Wehrheim im Rahmen des SFB 901 On-the-fly Computing – einen ACM SIGSOFT Distinguished Paper Award auf dem Joint meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESE/FSE). Als eine der ersten Reproduzierbarkeitsstudien in der Softwaretechnik adressiert sie die Fragestellung, wie verlässlich existierende Forschungswerkzeuge zur automatisierten Programmanalyse in der Praxis eigentlich sind, insbesondere inwiefern sich die Ergebnisse der Publikationen zu diesen Werkzeugen durch Dritte replizieren lassen. Des Weiteren erhielt die Fachgruppe erneut einen mit USD 100.000 dotierten Collaborative Research Award der Firma Oracle. Hiermit wird die Weiterentwicklung des Krypto-Assistenten CogniCrypt für ein weiteres Jahr gefördert. Dieser ist mittlerweile unter [www.cognicrypt.org](http://www.cognicrypt.org) als offizielles Eclipse-Projekt als Open Source verfügbar. Ebenfalls in 2018 veröffentlicht wurde das neue LLVM-basierte Programmanalyse-Rahmenwerk Phasar, für C/C++, erhältlich unter [www.phasar.org](http://www.phasar.org).

## 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, for example, developed world-leading analytical tools for Java and Android applications.

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 too late a stage, when securing the system correctly will quickly become expensive. The consequences are often disastrous and trigger the 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. We, therefore, develop methods which enable software developers to ascertain all of 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 implementations 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 generate demonstrably secure programcode 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 2018, the workgroup's research received several international awards. For example, the publication “Do Android Taint Analysis Tools Keep their Promises?“ – a joint work with Professor Wehrheim in the context of the CRC 901 On-the-fly Computing – received an ACM SIGSOFT Distinguished Paper Award at the Joint meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESE/FSE). As one of the first reproducibility studies in software engineering, it addresses the question of how reliable existing research tools for automated program analysis actually are in practice, in particular to what extent the results of the publications on these tools can be replicated by third parties. In addition, the workgroup received another Collaborative Research Award from Oracle, endowed with USD 100.000. This award supports the further development of the crypto assistant CogniCrypt for another year. CogniCrypt is now available as Open Source at [www.cognicrypt.org](http://www.cognicrypt.org) as an official Eclipse project. The new LLVM-based program analysis framework Phasar, for C/C++, available at [www.phasar.org](http://www.phasar.org), was also published in 2018.

## CogniCrypt

### Unterstützung für Entwickler/-innen bei sicheren Implementierungen

In den vergangenen zwei Jahren haben Forscher/-innen des Sonderforschungsbereichs CROSSING des Heinz Nixdorf Instituts und des Fraunhofer IEM das Krypto-Assistenz-Tool CogniCrypt entwickelt. Inzwischen erhält das Projekt auch Anerkennung von außerhalb. So haben sowohl die Eclipse-Stiftung als auch Oracle angekündigt, das Projekt zu unterstützen.

Kryptografie ist unerlässlich für den Schutz von sensiblen Daten auf digitalen Geräten. Verschiedene Studien aus jüngerer Vergangenheit legen jedoch nahe, dass Entwickler/-innen oft nicht wissen, wie sie Kryptografie einsetzen sollen, und daher viele Fehler dabei machen. Unglücklicherweise führen diese Fehler schnell zu Sicherheitslücken. Zur Vermeidung dieser Sicherheitsprobleme begann der Sonderforschungsbereich CROSSING vor vier Jahren, das Krypto-Assistenz-Tool CogniCrypt zu entwickeln. CogniCrypt ist konzipiert als Plugin für Eclipse, eine der am weitesten verbreiteten integrierten Entwicklungsumgebungen (IDE), und unterstützt Entwickler/-innen hauptsächlich durch zwei Features. Einerseits ist CogniCrypt in der Lage, Quelltext für verschiedene kryptografische Anwendungsfälle zu generieren. Dadurch können Entwickler/-innen verhindern, überhaupt erst Fehler in ihr Programm einzubauen. Andererseits führt CogniCrypt kontinuierlich statische Analysen durch und weist Entwickler/-innen auf deren Fehler hin. Dank dieser Features kann CogniCrypt Entwickler/-innen zu einer sicheren Benutzung von Kryptografie hinführen.

Oracle, einer der führenden Softwarehersteller der Welt und Maintainer der weitverbreitetsten Kryptografie-Bibliothek für Java, hat angekündigt, CogniCrypt zu unterstützen. Schon 2017 haben sie dem Projekt einen für ein Jahr gültigen Collaborative Research Grant zugesprochen. Dank dieser Hilfe war es möglich, Forschung zu effizienten und präzisen statischen Analyse-Techniken durchzuführen, welche notwendig waren für die im Tool genutzten responsiven Analysen. Erst vor Kurzem hat Oracle angekündigt, seine Unterstützung von CogniCrypt fortzusetzen und ihm einen zweiten Collaborative Research Grant vergeben. Dadurch können jetzt Arbeiten an der Nutzbarkeit von CogniCrypt unterstützt werden.

Anfang des Jahres erhielt CogniCrypt weitere Unterstützung, als die Eclipse-Stiftung, die Organisation hinter der Eclipse IDE, CogniCrypt den Status eines offiziellen Eclipse-Projekts verlieh. Dieser Status geht einerseits damit einher, dass Eclipse den Quelltext verwaltet. Er etabliert CogniCrypt aber auch weiter in der breiteren Eclipse-Community und kann

dadurch weitere Unterstützer/-innen anziehen. Diese sind auch notwendig, da die Entwicklung von CogniCrypt noch nicht ansatzweise abgeschlossen ist.

Aktuell unterstützt CogniCrypt nur die Programmiersprache Java. Die Projektpartner um CogniCrypt – der SFB CROSSING, das Heinz Nixdorf Institut und das Fraunhofer IEM – planen in den folgenden Jahren, CogniCrypt auch für andere Sprachen wie C++ und C# verfügbar zu machen. Die statische Analyse selbst soll ebenfalls verbessert werden. Intern verwendet die Analyse Regeln, die spezifizieren, wie kryptografische Bibliotheken korrekt und sicher genutzt werden. Bisher werden nur zwei Bibliotheken unterstützt, die Integration anderer Regelsätze ist aber in Planung. Insbesondere in diesem Punkt können externe Kollaboteure und Kollaboteurinnen signifikant zu CogniCrypt beitragen. Schlussendlich wird ebenfalls an Integrationen von CogniCrypt in andere IDEs gearbeitet.

 **Stefan Krüger, M.Sc.**  
E-Mail: [Stefan.Krueger@upb.de](mailto:Stefan.Krueger@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 65 80

 **Johannes Späth, M.Sc.**  
E-Mail: [johannes.spaeth@iem.fraunhofer.de](mailto:johannes.spaeth@iem.fraunhofer.de)  
Telefon: +49 5251 | 54 65 355

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft  
Projektträger: Deutsche Forschungsgemeinschaft  
Projektpartner: Sonderforschungsbereich 1119, CROSSING an der Technischen Universität Darmstadt, Fraunhofer IEM

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

## CogniCrypt

### Support for Secure Implementations

Over the past four years, researchers from CRC CROSSING, Heinz Nixdorf Institute and Fraunhofer IEM have been working and contributing to the crypto-assistance tool CogniCrypt. Within the last year, both the Eclipse Foundation and Oracle have recognised the potential of the tool and announced their support of it.

Cryptography is vital in protecting sensitive data on digital devices. However, a significant body of research clearly indicates that application developers often do not know how to correctly use cryptography and make many mistakes as a result. Unfortunately, these mistakes easily lead to severe security vulnerabilities in software. To avoid these security weaknesses, the collaborative research center CROSSING began to develop the assistance tool CogniCrypt four years ago. CogniCrypt integrates as a plugin into Eclipse, one of the most widely used Integrated Development Environments (IDE). The plugin smoothly blends into Eclipse and aids the software developers twofold. The first main feature of CogniCrypt generates source code for typical cryptographic use cases. The generation of the code prevents developers from introducing security bugs into their code. The second main feature is a static analysis that continuously analyses the developers' code and instantly warns them about insecure uses of common cryptographic libraries. Through these two features, CogniCrypt actively guides developers towards a secure use of cryptography.

Oracle, one of the leading software companies worldwide and maintainer of the most widely used cryptographic library for Java, have decided to support CogniCrypt as well. In 2017, they announced to provide a one-year Collaborative Research Grant to the project. Thanks to this grant, it was possible to conduct research on efficient and precise static analysis techniques that was necessary for the integration of an instantaneous static analysis of cryptographic misuses. In 2018, Oracle decided to continue their involvement in the project with a second Collaborative Research Grant. As part of the second grant, work on improving the usability of CogniCrypt is planned.

In early 2018, the Eclipse foundation, the organisation behind the Eclipse IDE, decided to grant CogniCrypt official Eclipse-project status. To this end, they host and maintain the source code of CogniCrypt. The recognition by the foundation will also further establish CogniCrypt in the wider Eclipse community and possibly attract additional supporters therein. This is good, as CogniCrypt's development is far from finished.

For instance, CogniCrypt supports code generation and code analysis of Java code only. In the coming years, the partners around CogniCrypt in CROSSING, at Heinz Nixdorf Institute, and Fraunhofer IEM will extend this support to other programming languages, such as C++ and C#. The static analysis will be improved, too. Internally, the static analysis is driven by rules that specify the correct and secure way of using a cryptographic library. As of now, CogniCrypt ships with rules for two different cryptographic libraries. The integration of other rule sets for more libraries, even non-cryptographic ones, are another item on the roadmap. In this aspect in particular, outside collaborators may contribute significantly. Integrations of CogniCrypt into other IDEs are planned as well.

 **Stefan Krüger, M.Sc.**  
E-mail: [Stefan.Krueger@upb.de](mailto:Stefan.Krueger@upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 65 80

 **Johannes Späth, M.Sc.**  
E-mail: [johannes.spaeth@iem.fraunhofer.de](mailto:johannes.spaeth@iem.fraunhofer.de)  
Phone: +49 5251 | 54 65 355

 Supported by: German Research Foundation (DFG)  
Project management: German Research Foundation (DFG)  
Project partners: Sonderforschungsbereich 1119, CROSSING an der Technischen Universität Darmstadt, Fraunhofer IEM

 [www.hni.upb.de/en/software-engineering](http://www.hni.upb.de/en/software-engineering)

## Soot Framework erhält Generalüberholung

Bereit für zukünftige Analysen komplexer Software

Das Soot Framework für statische Programmanalyse wird von Grund auf modernisiert, um den wachsenden Anforderungen zukünftiger Softwareanalysen gerecht zu werden. In seiner 20-jährigen Geschichte hat sich das Framework zu einem De-facto-Standard in der Softwareanalyse-Community entwickelt. Wir bringen es jetzt auf den neuesten Stand und sichern so die nächsten 20 Jahre Forschung.

Das Soot Framework wird von mehreren Hundert Forschungsgruppen weltweit genutzt und dient als Basis für viele Analysewerkzeuge für Java und Android Anwendungen. Seine Verbreitung zeigt sich an der GitHub-Seite, die den Quellcode des Frameworks zur Verfügung stellt. Über 1.000-mal haben Nutzer hier angegeben, an den Updates des Frameworks interessiert zu sein. Über 380 Nutzer arbeiten an eigenen Versionen des Frameworks. Viele dieser Anpassungen werden in den Hauptstrang des Quellcodes integriert.

Soot wurde ursprünglich zur „Ahead-of-time“-Optimierung von Java Programmen entwickelt, hat sich jedoch in den vergangenen Jahren als die Plattform der Wahl für die statische Programmanalyse entwickelt.

### Soot: Nicht nur in der Wissenschaft beliebt

Soot ist Teil mehrerer Tools, die auch in der kommerziellen Softwareentwicklung für die Qualitätssicherung eingesetzt werden. Durch statische Programmanalyse werden hier diverse Eigenschaften von Software untersucht und bei der Überschreitung bestimmter Grenzen Nutzer alarmiert, die Verteilung der Software eingestellt oder die Annahme einer Software beispielsweise in einen Android App Store unterbunden.

Die Designentscheidungen, die in der Vergangenheit getroffen wurden, passen jedoch nicht mehr zu den aktuellen Anforderungen und werden der Nutzung des Frameworks nicht gerecht. Um aktuelle und zukünftige Forschungsfragen erfolgreich bearbeiten zu können, ist es notwendig geworden, Soot von Grund auf neu zu entwerfen.

### Weichenstellung für die kommenden 20 Jahre

Finanziert durch die DFG im Rahmen des Programms „Nachhaltigkeit von Forschungssoftware“, werden wir das Soot Framework grundlegend überholen und ihm ein modulares, erweiterbares

und überprüfbares Design geben, welches auch die zukünftige Wartung vereinfacht. Ein besonderer Fokus soll dabei auf die parallele Bearbeitung gelegt werden, um die Möglichkeiten aktueller Hardwarearchitekturen optimal auszunutzen. Um Soots Bestehen auch für die Zukunft zu gewährleisten, werden wir darüber hinaus, in Zusammenarbeit mit Professor Rüdiger Kabst, ein geeignetes Geschäftsmodell für Soot entwickeln.

Ein weiterer Aspekt des Redesigns wird die Anbindung an viele andere Frameworks aus der Softwareanalyse-Community sein. Es sind viele Erweiterungen für Soot erstellt worden und auch andere Analyseframeworks wie WALA, Doop, oder OPAL sind entstanden. Wir möchten die zukünftige Version von Soot derart gestalten, dass sie mit diesen Werkzeugen und Frameworks interagiert und so flexible Möglichkeiten entstehen, Forschungsprototypen zu erstellen. Dies kommt der Forschungsgemeinschaft insgesamt zugute und ermöglicht die Nutzung des besten Werkzeugs für die anstehende (Forschungs-)Aufgabe.

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

 **Dr.-Ing. Ben Hermann**  
E-Mail: Ben.Hermann@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 65 77

 **Manuel Benz, M.Sc.**  
E-Mail: Manuel.Benz@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 65 67

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft  
Projekträger: Deutsche Forschungsgemeinschaft

 <https://sable.github.io/soot/>

## Soot Framework receives a major overhaul

Ready for the future analyses of complex software



In order to address the increasing requirements of future software analysis, the Soot framework for static program analysis is now receiving a major overhaul. In its 20 year history, the framework has emerged as a de facto standard in the software analysis community. We modernise it and thus secure the next 20 years of research.

The Soot framework is used by hundreds of research groups worldwide and is the foundation of various analysis tools for Java and Android applications. Its popularity is best shown on the GitHub page that features its source code. Over 1,000 users have registered for update notifications and over 380 users work on their own versions of the framework. Many of the changes produced are merged back into the main version of the source code.

Soot was originally developed for the ahead-of-time optimization of Java programs, but has evolved towards the de facto standard platform for the static program analysis of Java programs.

### Soot: also popular outside of the scientific community

Soot is the basis for various tools which are also used for quality control in commercial software development. Diverse properties of the software are investigated using static program analysis. If the limits or policies set on these properties are violated, users will be notified, distribution of software will be halted or the submission of software to – for instance – an Android app store will be denied.

However, not all the design decisions made in the 20 year history of the framework are adequate for the current requirements anymore. They do not fit the current usage scenarios of the framework. To address the current and future research ideas, it became necessary to design a new version of Soot from the ground up.

### Setting the scene for the next 20 years

Financed through the DFG in the context of the funding programme “Research Software Sustainability”, we will perform a major overhaul of the Soot framework. It will receive a modular, extensible, and testable design which will majorly improve the maintainability of the framework. A special focus will be given to the parallel execution of program analyses to effectively use the possibilities of current hardware architectures. In order to

put Soot on a sustainable track for its future improvement, in cooperation with Professor Rüdiger Kabst, we will give the framework its own business model.

Another aspect of the redesign will be its integration with multiple other frameworks from the program analysis community. Many research groups including ourselves have made various extensions to Soot. Other frameworks such as WALA, Doop or OPAL have emerged. In future versions of Soot, we would like to be able to flexibly interact with these extensions and other frameworks to allow for a multitude of new prototypes. This will benefit the research community as a whole and allows users to choose the right tool for the right (research) job.

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

 **Dr.-Ing. Ben Hermann**  
E-mail: Ben.Hermann@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 77

 **Manuel Benz, M.Sc.**  
E-mail: Manuel.Benz@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 67

 Supported by: German Research Foundation  
Project management: German Research Foundation

 <https://sable.github.io/soot/>

## PhASAR Framework stößt auf großes Interesse

Framework zur statischen Analyse von C/C++ Programmen international vorgestellt

Im Rahmen eines ganztägigen Workshops auf der diesjährigen PLDI Konferenz in Philadelphia wurde der internationalen Forschungscommunity das PhASAR Framework zur statischen Programmanalyse von C/C++ Programmen vorgestellt. Dort konnten neue Kollaborationen mit Kollegen initiiert und die Nutzerbasis signifikant vergrößert werden. Monatliche Releases halten das Interesse wach und stellen die stetige Verbesserung des Frameworks sicher.

### Vom Analyseframework zu PhASAR

Das im Jahr 2017 gestartete Framework-Projekt erhielt Anfang dieses Jahres den Namen PhASAR und wurde Mitte des Jahres veröffentlicht. Seitdem erfährt PhASAR großen Zulauf aus der Forschungscommunity sowie von Anwendern aus der Praxis.

### Vorstellung auf der PLDI 2018 Konferenz

Auf der ACM SIGPLAN International Conference of Programming Languages, Design and Implementation (PLDI) wurde das in der Fachgruppe „Softwaretechnik“ entwickelte Framework der internationalen Forschungscommunity im Juni vorgestellt. PhASAR ist quelloffen und erlaubt die vollautomatisierte Durchführung von Datenflussanalysen auf beliebigen C/C++ Programmen. Durch das Framework wird der Entwicklungsaufwand neuer Analysen stark gesenkt. Ziel der Vorstellung auf der PLDI war es, neben der Sammlung wertvoller Feedbacks unter anderem die Nutzerbasis zu vergrößern. Anhand der Nutzerdaten, die wir über unsere Präsenz auf GitHub erfassen, konnte dies auch schon deutlich nachvollzogen werden. Durch diese größere Nutzerbasis wird der Entwicklungsaufwand des Frameworks auf mehrere Schultern verteilt, wodurch für alle Beteiligten mehr Zeit für die Entwicklung und Evaluation neuer Algorithmen und Analysestrategien geschaffen wird. Auf der Konferenz konnten aktuelle Probleme und Lösungsansätze sowie die Richtung für die zukünftige Entwicklung des Frameworks diskutiert werden. Darüber hinaus wurden Kollaborationen mit weiteren Forschungsgruppen in die Wege geleitet. Damit alle Benutzer des Frameworks stets mit den aktuellsten Features des Frameworks arbeiten können, ist ein neuer monatlicher Veröffentlichungsplan für die Software eingeführt worden. Dies vereinfacht insbesondere die gemeinsame, fachgruppenübergreifende Arbeit am Framework.

### Flexible Einsatzszenarien

Wir haben PhASAR hochgradig modular für eine Vielzahl von Analyseszenarien entwickelt. Insbesondere kann PhASAR innerhalb einer Analyse im „On-The-Fly Computing“ im Rahmen

des SFB 901 zur Sicherung der Softwarequalität herangezogen werden. Das Framework ermöglicht hier die Sicherstellung gewisser Eigenschaften von Software und einzelnen Softwarekomponenten der Idee des Proof-Carrying Code folgend.

### Zukünftige Entwicklung

PhASAR hat sich unter anderem dem Ziel verschrieben, dem Benutzer statische Analyse zugänglicher zu machen. Aus diesem Grund sind die Integrationen neuer Datenflussproblemlösungsalgorithmen und präziserer Hilfsanalysen bereits in der Durchführung. Des Weiteren wird aktuell die Anwendbarkeit des Frameworks in weiteren Analyseszenarien eruiert, um etwa die Einhaltung von API Protokollen in der Kryptografie sicherzustellen und so die Qualität und Sicherheit moderner Softwaresysteme zu gewährleisten.

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

 **Dr.-Ing. Ben Hermann**  
E-Mail: Ben.Hermann@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 65 77

 **Philipp Schubert, M.Sc.**  
E-Mail: Philipp.Schubert@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 65 71

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

## PhASAR framework receives wide attention

Framework for the static analysis of C/C++ programs was presented at an international conference

The PhASAR framework for static program analysis has been presented to the international research community at this year's PLDI conference in Philadelphia. New collaborations with colleagues have been successfully established and the number of PhASAR's users has increased. Constant improvements to the framework are ensured due to the new monthly release plan.

### From analysis framework to PhASAR

Work on the PhASAR framework was started in 2017. After testing it internally, it has been published in June 2018. Since then, PhASAR has received enormous support in the research community and from practitioners.

### Presentation at the PLDI 2018 conference

In June, the PhASAR framework, which is developed by the "Software Engineering" workgroup, has been presented to the international research community at the ACM SIGPLAN International Conference of Programming Languages, Design and Implementation (PLDI). PhASAR is open source and allows for solving data-flow problems in a fully-automated manner on arbitrary C/C++ programs. The framework significantly reduces the effort of developing novel analyses. The goal of presenting the framework at PLDI was to collect valuable feedback and to expand its user base. Looking at GitHub's usage statistics, the user adoption has greatly increased which allows guided improvements and advancements. In addition, there will be more shoulders to share the effort of developing the framework. This will allow all of the developers involved to spend more time on developing and evaluating novel algorithms and analysis strategies. During the conference, current problems and corresponding solution candidates as well as future directions of the analysis framework have been discussed. Additionally, collaborations with other workgroups have been established. To allow framework users to work with PhASAR's latest features, a novel monthly release plan has been introduced. The new release plan will simplify the joint work spanning multiple contributors and research groups.

### Flexible Applications

We have developed PhASAR in a highly modular manner making it applicable in numerous analysis scenarios. Thus, PhASAR can be used to ensure software quality in the context of "On-The-Fly Computing", a novel, highly flexible market introduced by the SFB 901. On this matter, the framework

allows you to assure the desired properties of software or individual software components by following the idea of proof-carrying code.

### Future development

Making static analysis more accessible to developers is one of PhASAR's top priorities. Therefore, further novel algorithms for solving data-flow problems and more precise auxiliary analyses are currently developed and integrated. Furthermore, the application of the framework in other scenarios is currently evaluated. For instance, a prototypical analysis is under development to answer the question of whether PhASAR can be used to check the correct usage of API protocols within cryptographic applications in order to ensure the quality and security of modern software systems.



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

 **Dr.-Ing. Ben Hermann**  
E-mail: Ben.Hermann@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 77

 **Philipp Schubert, M.Sc.**  
E-mail: Philipp.Schubert@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 71

 [www.hni.upb.de/software-engineering](http://www.hni.upb.de/software-engineering)



»» Die Nutzung von Werkzeugen für die Sicherheitsanalyse soll zum Industriestandard in der Softwareentwicklung werden. Allerdings müssen wir zuerst gut benutzbare Analysewerkzeuge entwickeln. ««

»» The usage of security analysis tools should become an industrial convention in secure software development. However, we need to create usable analysis tools at first. ««

---

## Linghui Luo

M.Sc.  
Softwaretechnik

---

Seit Mitte Juni 2017 bin ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin Teil der Fachgruppe „Softwaretechnik“. Ich bin in Jiangxi, einer Provinz in Südchina, geboren und aufgewachsen. Nach meiner Schulausbildung wollte ich im Ausland studieren. Nachdem ich den Sprachtest „TestDaF“ bestanden hatte, kam ich im Oktober 2010 nach Paderborn, um Informatik zu studieren. Neben dem anspruchsvollen Informatikstudium, musste ich zusätzlich den Kulturschock und die Sprachbarriere überwinden, da die meisten Kurse auf Deutsch unterrichtet werden.

Während meines Masterstudiums in Paderborn habe ich an dem Mentoringprogramm „perspektiveM“ für Studentinnen in MINT-Fächern teilgenommen. Hier lernte ich meine Mentorin kennen, die damals als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe von Professor Eric Bodden arbeitete. Von ihr habe ich Einblicke in die Arbeit der Fachgruppe bekommen. Obwohl der Fokus meines Studiums auf Algorithmen und Komplexität ausgerichtet war, wollte ich etwas entwickeln, das nicht nur theoretisch bewiesen ist, sondern auch in der Praxis angewendet wird. Aus diesem Grund habe ich mich initiativ bei Professor Bodden beworben.

In meiner Forschung konzentriere ich mich hauptsächlich auf Programmanalyse, um Sicherheitslücken in Java- und Android-Applikationen zu finden. Ich bin in dem Teilprojekt „IntelliScan“ des Graduiertenkollegs NERD. Ziel dieses Teilprojektes ist es, Werkzeuge zu entwickeln, die Softwareentwicklern helfen, Sicherheitslücken frühzeitig zu entdecken und zu beheben. Meine Vision ist, dass die Nutzung von Werkzeugen für die Sicherheitsanalyse zum Industriestandard in der Softwareentwicklung wird. Allerdings weisen viele Analysewerkzeuge nur eine geringe Benutzbarkeit auf und werden daher selten von Entwicklern eingesetzt. Die Entwicklung von gut benutzbaren Analysewerkzeugen ist eine Voraussetzung, um sichere Software zu entwickeln. Zurzeit kooperiere ich mit Julian Dolby von IBM Research, um einen Mechanismus zu entwickeln, Programmanalyse-Werkzeuge mithilfe des Language Server Protocols in IDEs zu integrieren. Ich hoffe, mit meiner Forschung diese Entwicklung zu beschleunigen.

In meiner Freizeit treibe ich verschiedene Sportarten wie Bouldern und Wasserski. Ich verbringe auch gerne Zeit mit meinen Haustieren: Java (ein Hund), Alan (ein Kater) und Hacker (ein black c/hat).

---

## Linghui Luo

M.Sc.  
Software Engineering

---

I joined the “Software Engineering” workgroup as a research associate in the middle of June 2017. I was born and raised in Jiangxi, a province in south China. After my secondary education, I wanted to study abroad. After passing the German language test “TestDaF”, I came to Paderborn University for my undergraduate studies in Computer Science in Oct 2010. Besides the difficulties in Computer Science study itself, I had to overcome culture shock and the language barrier, since most courses in the undergraduate programme are taught in German.

During my graduate studies in Paderborn, I joined the mentoring programme “perspektiveM” for female students in STEM fields. There, I met my mentor who was a research associate in Professor Eric Bodden’s workgroup. From her I gained some insight into the workgroup. Though the interest in my studies was focused on algorithms and complexity, I was eager to build something which is not only theoretically proved but also used by people in practice. That’s why I took the initiative and applied for a position in Professor Bodden’s workgroup.

In my research, I focus mainly on program analysis for detecting security vulnerabilities in Java and Android applications. I am in the part-project “IntelliScan” of the graduate school NERD. The goal of this part-project is to develop tools which can assist developers to discover vulnerabilities in the early stages of software development. It is my vision that the usage of security analysis tools should become an industrial convention in software development. However, most analysis tools nowadays are a lack of usability and not well adopted by developers. Developing usable analysis tools is a requisite for creating more secure software. Currently, I am cooperating with Julian Dolby from IBM research on designing a mechanism such that program analysis tools can be easily integrated into IDEs with the language server protocol. Hopefully, my research will make a little contribution to accelerate my vision.

During my free time, I do different sports such as bouldering and water skiing as compensation for the office work. I also like to spend time with my pets: Java (a dog), Alan (a cat) and Hacker (a black c/hat).

## 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)

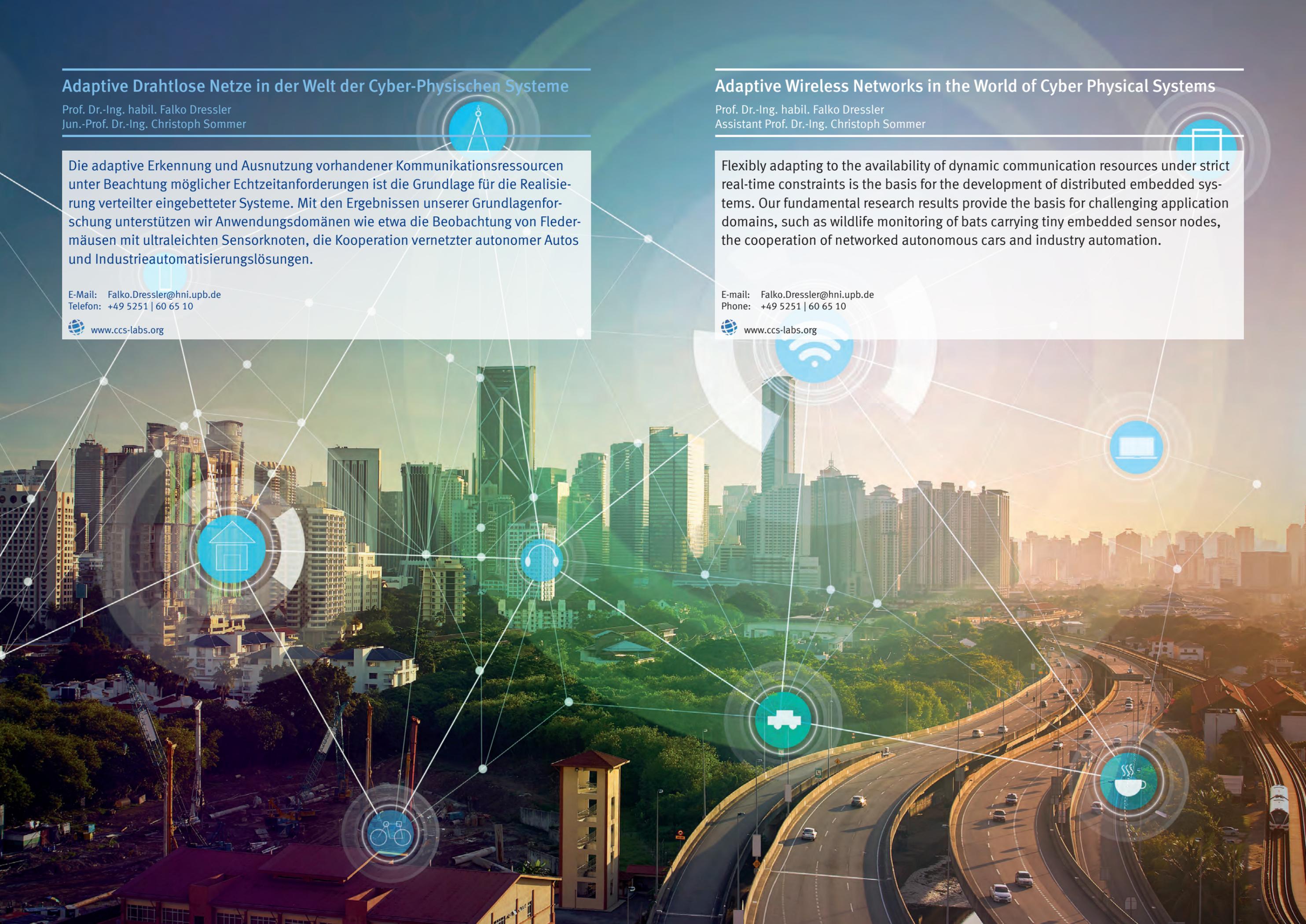
## Adaptive Wireless Networks in the World of Cyber Physical Systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Falko Dressler  
Assistant 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)



## 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 Überlastvermeidung

Verteilte Überlastkontrolle in drahtlosen Netzen ist die Basis für Anwendungen mit weichen Echtzeitanforderungen. Dies gilt u. a. in der Anwendungsdomäne Fahrzeugkommunikation. Hier entwickelten 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 2018  
Research retreat 2018

## 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 and embedded system design

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. 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. In a complementary manner, we also develop off-loading strategies as well as energy prediction models for the Android world.

### Distributed real-time control and congestion control

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 (Veins LTE) 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, OpenC2X, 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)

## Drahtlos-Kommunikation für landwirtschaftliche Fahrzeuge

### AgriculturalV2V

Die zukünftige Entwicklung im Bereich intelligenter Transportsysteme erfordert nicht nur eine effiziente Car2X-Kommunikation zwischen motorisierten Fahrzeugen wie Pkws und Lkws. Auch landwirtschaftliche Fahrzeuge wie Traktoren und Erntemaschinen können von den Möglichkeiten drahtloser Kommunikation, die kooperative Fahrmanöver ermöglicht, profitieren.

Für das Projekt AgriculturalV2V haben wir unsere Expertise im Bereich Fahrzeugkommunikation und Experimentiertechniken angewandt, um bekannte Car2X-Kommunikationsprotokolle speziell auf die Bedürfnisse und die Eigenheiten von Fahrzeugen im landwirtschaftlichen Bereich anzupassen. Dazu haben wir in Zusammenarbeit mit der Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) Feldtests mit landwirtschaftlich genutzten Fahrzeugen durchgeführt, um die Charakteristiken der Drahtlos-Kommunikation in diesen Umgebungen zu untersuchen.

#### Drahtlos-Kommunikation im landwirtschaftlichen Bereich

Bisherige Forschungen im Bereich Car2X-Kommunikation waren primär auf Straßenfahrzeuge (Pkws, Lkws) fokussiert. In AgriculturalV2V wurde nun erstmals die Performance solcher Systeme für landwirtschaftliche Fahrzeuge untersucht. Ein spezieller Fokus wird dabei auf die Eigenschaften der Signalausbreitung im 5.9-GHz-Spektrum gelegt, welches im aktuellen europäischen Standard für Fahrzeugkommunikation (ETSI ITS-G5) verwendet wird. Diese standardisierten Kommunikationsprotokolle basieren auf IEEE 802.11p WLAN, einer an Fahrzeugkommunikation angepassten Version von WLAN. Die Ergebnisse unserer Untersuchung erlauben die Entwicklung spezialisierter Kommunikationsprotokolle für eine Reihe verschiedener Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich, wie zum Beispiel dem kooperativen Fahren von Traktoren und Erntemaschinen auf dem Feld.

#### Experimentier- und Messframework für IEEE 802.11p WLAN

Um die Signalausbreitung unter Einfluss von Fahrzeugen im landwirtschaftlichen Bereich (Traktoren, Anhänger) in komplexen Szenarien akkurat untersuchen zu können, wurden im Rahmen von AgriculturalV2V verschiedene Anwendungen zur Leistungsmessung von IEEE 802.11p WLAN entwickelt. Die Kombination dieser Anwendungen zu einem umfangreichen Messframework erlaubt es, präzise Aussagen über die zu erwartenden Übertragungsraten und Kommunikationslatenzen zu erstellen.

Des Weiteren fokussieren wir uns in diesem Projekt auf die Untersuchung der empfangenen Signalstärke in Abhängigkeit von verschiedenen Typen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen, um den Einfluss auf den Drahtlos-Kanal besser quantifizieren zu können. Die ausgewählten Metriken erlauben einen detaillierten Einblick in den Kommunikationskanal und geben die Möglichkeit, Kommunikationsprotokolle speziell auf den landwirtschaftlichen Bereich zu adaptieren.

#### Feldtest

Die Ergebnisse unserer Messkampagne zeigen, dass Drahtlos-Kommunikation im landwirtschaftlichen Bereich möglich ist, da durch die Verwendung von IEEE 802.11p WLAN eine Kommunikations-Distanz von mehreren Kilometern erreicht werden kann. Jedoch haben die Fahrzeuge (Traktoren, Erntemaschinen, Anhänger) einen erheblichen Einfluss auf die Signalausbreitung, welcher durch eine erhöhte Sendeleistung kompensiert werden muss. So schwächt der Auswurf eines Feldhäckslers je nach Position und Stellhöhe das Funk-signal sehr stark ab, was wiederum einen großen negativen Einfluss auf die Kommunikations-Leistung hat. Unsere Messungen helfen, solche Effekte vorherzusagen zu können, um die Kommunikationsprotokolle entsprechend anzupassen. Erste Ergebnisse unserer Messkampagne haben wir auf der Konferenz ISWCS 2018 publiziert.

 **Dr. rer. nat. Florian Klingler**  
E-Mail: Florian.Klingler@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 93

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

 Gefördert durch: Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF)

 <http://www.ccs-labs.org/projects/agriculturalv2v/>

## Wireless Communication for Agricultural Vehicles

### AgriculturalV2V



Future developments in the area of Intelligent Transportation Systems (ITS) require more than just efficient communication among traditional motorised traffic like cars and trucks (vehicle to X, V2X). A key challenge is also the integration of such communication in agricultural vehicles such as tractors to allow cooperative driving manoeuvres for automated farming.

The key to success is to adapt existing (and develop future) V2X protocols to cater to the specific needs and environments of vehicles in the agricultural domain – in particular dealing with the impact of these specialised vehicles on wireless signal propagation. In the context of our AgriculturalV2V project, we use our expertise in the area of vehicular networking and experimentation techniques. Together with the Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) we performed an extensive measurement campaign to investigate the characteristics of Inter-Vehicle wireless communication in the agricultural domain.

#### Vehicular Communication in the Agricultural Domain

Beyond past efforts in the area of vehicular networking which aimed primarily at traditional motorised traffic (cars, trucks), AgriculturalV2V investigates the performance of wireless communication for agricultural vehicles (such as tractors) to allow future protocol design for applications in the field of automated farming. Particular care is taken on the investigation of the wireless signal propagation characteristics of agricultural devices in various situations in the 5.9 GHz band which is used by the existing (ETSI ITS-G5) European standards for Intelligent Transportation Systems which are based on automotive WLAN standardized in IEEE 802.11p. Results from these investigations will allow us to develop networking protocols supporting a wide range of possible applications in the agricultural area like cooperative driving for automated farming.

#### Measurement Framework for IEEE 802.11p WLAN

To accurately examine the impact of agricultural vehicles on the wireless signal propagation of IEEE 802.11p WLAN, we developed and selected a set of measurement applications combined in a holistic measurement framework that can evaluate important metrics for wireless communication in a highly realistic fashion. Among these metrics we focused on the achievable data throughput on the wireless channel as well as the observed delay of communicating nodes and the received signal strength to get an indication of the impact of different agricultural vehicles and driving manoeuvres on the wireless communication performance. These performance metrics provide detailed insights on the com-

munication channel to allow future adaptations of existing networking protocols for inter-vehicle communication to deal with the wireless channel characteristics in different environments.

#### Field Trial

Results from our measurement campaign show that wireless communication in the agricultural domain is feasible as it allows to obtain a large communication distance of several kilometres due to IEEE 802.11p WLAN. However, agricultural vehicles also have a great impact on the wireless signal propagation, which requires higher transmission powers to ensure a continuous data connection between those vehicles, which cannot be maintained by traditional Wi-Fi. In particular, the discharge chute of a forage harvester has a great impact on the communication performance based on its current elevation and position relative to the antenna. Our investigations help to adapt existing communication protocols in the vehicular domain to cope with the application needs in the agricultural domain and deal with the inherently different mobility in that area. Furthermore, we published the first results of our field trial at ISWCS 2018.



 **Dr. rer. nat. Florian Klingler**  
E-mail: Florian.Klingler@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 93

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

 Supported by: Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF)

## Radarbasierte Fahrzeugkommunikation



Intelligente Fahrzeugsysteme haben einen großen Bedarf für fahrzeugbasierte Kommunikation. Wir untersuchen, wie radarbasierte heterogene Kommunikation verwendet werden kann, um die Zuverlässigkeit und Leistung dieser Kommunikation zu verbessern.

Zukünftige Fahrzeuganwendungen wie autonomes Fahren verlassen sich zunehmend nicht nur auf Sensordaten aus dem eigenen Fahrzeug, sondern sind auch auf Daten, die durch andere Fahrzeuge bereitgestellt werden, angewiesen. Dies ermöglicht, andere Verkehrsteilnehmer zu beachten, selbst wenn diese noch nicht sichtbar sind, beispielsweise an schlecht einsehbaren Kreuzungen. Forschungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass zu diesem Zweck WLAN (IEEE 802.11p) eingesetzt werden kann. Der größte Vorteil von WLAN, die große Reichweite, ist gleichzeitig auch ein großer Nachteil, da viel Koordination nötig ist, damit Teilnehmer nicht gleichzeitig Daten senden.

Es bietet sich daher an, zusätzlich andere Kommunikationsmethoden, die andere Charakteristiken haben, zu verwenden. Die Kommunikation im Radarspektrum ist dafür eine denkbare Option. Dies bietet sich insbesondere an, da schon Radarmodule zur Abstandsmessung in Fahrzeugen verbaut werden, die als Kommunikationsmodul einem zweiten Zweck dienen könnten. Die Ausbreitungscharakteristik von Radarwellen unterscheidet sich stark von WLAN, beispielsweise ist die Ausbreitung gerichteter, kann aber Objekte weniger gut durchdringen. Daher könnte radarbasierte Kommunikation WLAN in der Fahrzeugkommunikation ergänzen. Im Rahmen des RADCOM-HETNET-Projekts untersuchen wir diese Möglichkeit in Kooperation mit dem FAU Erlangen.

### Machbarkeitsstudie

Zunächst untersuchen wir in einer Machbarkeitsstudie, wie sich fahrzeugbasierte Radarsensoren zur Kommunikation einsetzen lassen. Dabei messen wir die genauen Eigenschaften der Radarkommunikation. Mit diesen Daten ist es möglich, Situationen zu erkennen, in denen Kommunikation über Radar vorteilhaft gegenüber der WLAN-basierten Kommunikation ist.

### Simulationsmodelle und Protokolle

Ein weiterer Meilenstein im RADCOM-HETNET-Projekt ist die Entwicklung von Simulationsmodellen. Diese Modelle können wir in makroskopischen Simulationen verwenden, um zu untersuchen, wie die Kommunikation kooperative Fahrzeuganwendungen wie Platooning oder Ampelmanagement beeinflusst. Auf Basis der Simulationen werden wir Protokolle entwickeln, die die Vorteile der einzelnen Kommunikationsmethoden optimal einsetzen und so die jeweiligen Nachteile vermeiden können. Wir sind zuversichtlich, dadurch zeigen zu können, dass radarbasierte heterogene Kommunikation die Zuverlässigkeit des Fahrzeugnetzwerks verbessert.

### Ausblick

Mithilfe der Erkenntnisse aus dem RADCOM-HETNET-Projekt wird es in Zukunft einfacher sein, Prototypen zu entwickeln, die radarbasierte heterogene Kommunikation verwenden. Diese Prototypen können ein weiterer Schritt sein, um kooperatives Fahren alltäglich zu machen und damit den Straßenverkehr nachhaltig zu verändern.

 **Max Schettler, M.Sc.**  
E-Mail: [Max.Schettler@hni.upb.de](mailto:Max.Schettler@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 34

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Projektpartner: FAU Erlangen, Verteilte Eingebettete Systeme (Universität Paderborn)

 <http://www.ccs-labs.org/projects/radcom-hetnet/>

## Radar-based Vehicular Communication

With intelligent transport systems, the need for vehicular communication has emerged. We investigate, how radar-based heterogeneous communication can be used within such systems to improve reliability and overall performance.

Future vehicular applications, like autonomous driving, use not only data gathered within the vehicle, but rather additionally utilise other vehicles' sensor data. This enables vehicles to react even on parts of their environment that are not directly visible to them, e.g., at intersections where the line of sight is blocked. Past research shows, that WLAN (IEEE 802.11p) can be used for this purpose. Its biggest advantage, the large range, is however also a huge downside, as transmissions need to be coordinated such that they can be successfully received.

Therefore, additionally using other communication methods is worth investigating. One such option is communication in the radar spectrum, especially since radar-based distance sensors are already used in vehicles. The propagation of electromagnetic waves in this spectrum is very different from that of WLAN, in particular radar waves cannot pass through objects as easily and are more directional. Therefore, radar-based combination could complement WLAN in the context of vehicular communication. In the RADCOM-HETNET project we investigate this possibility in cooperation with the FAU Erlangen.

### Feasibility Study

Initially, we investigate in a feasibility study, how vehicular radar sensors can be used to communicate between vehicles. For this purpose, we measure the properties of radar communication, such as the propagation behavior. With this data, it is possible to determine situations in which radar-based communication is advantageous relative to communication via WLAN.

### Simulation Models and Protocols

Another milestone within the RADCOM-HETNET project is the development of simulation models. These models can be used in macroscopic traffic simulations to determine, how the communication of cooperative driving applications, such as platooning or intersection collision avoidance, is influenced by the

heterogeneous communication. Based on these simulations, we will develop protocols that use the individual communication methods' advantages optimally to overcome the other methods' shortcomings. We are confident that we will be able to show that radar-based heterogeneous communication can improve the reliability of vehicular networks.

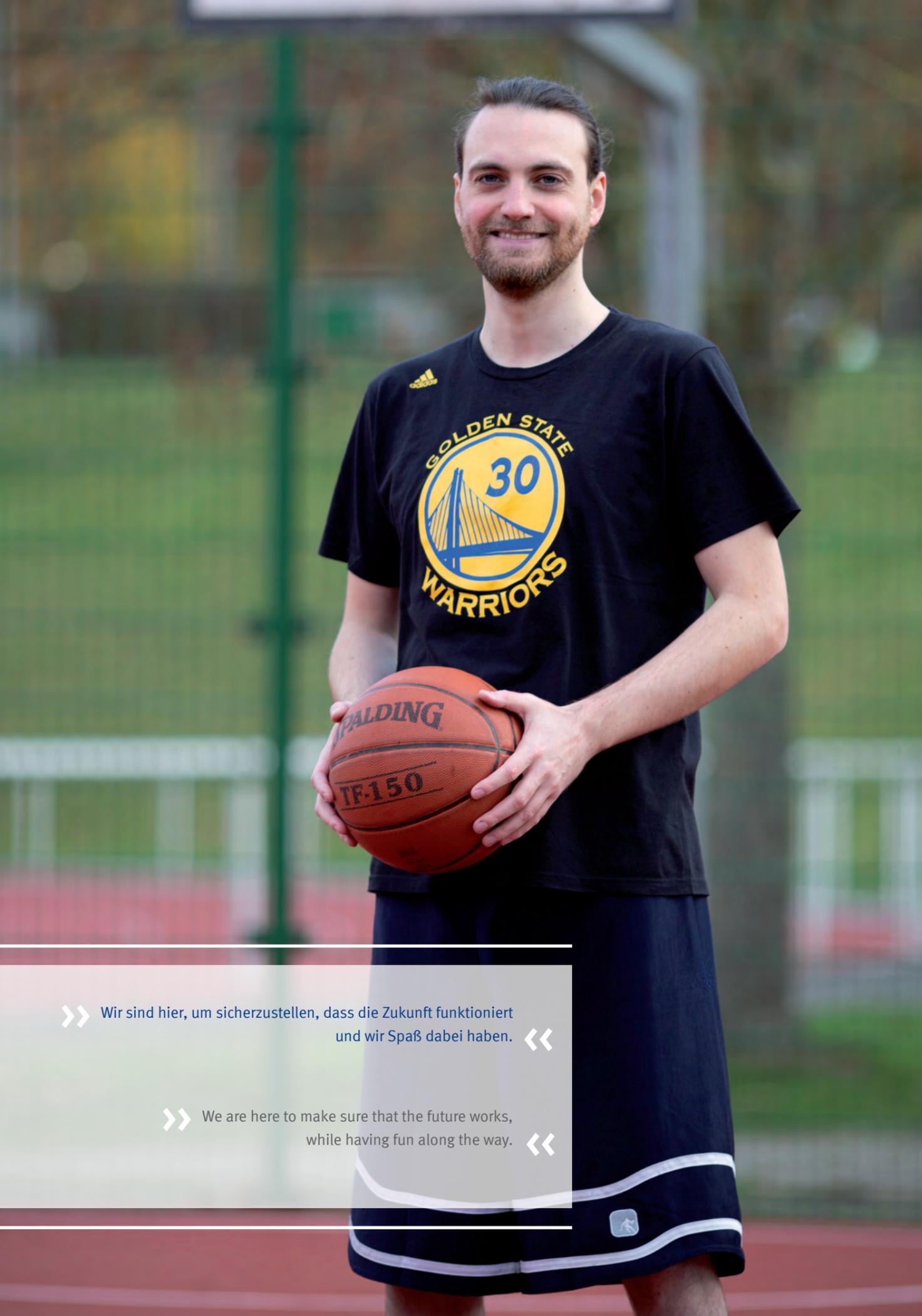
### Outlook

With the insights gained from the RADCOM-HETNET project it will become easier to develop prototypes that use radar-based heterogeneous communication. Such prototypes can be another step to make cooperative driving a reality in everyday life, and as a result strongly change road transportation.

 **Max Schettler, M.Sc.**  
E-mail: [Max.Schettler@hni.upb.de](mailto:Max.Schettler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 34

 Supported by: German Research Foundation (DFG)  
Project partner: FAU Erlangen, Distributed Embedded Systems (Paderborn University)

 <http://www.ccs-labs.org/projects/radcom-hetnet/>



»» Wir sind hier, um sicherzustellen, dass die Zukunft funktioniert und wir Spaß dabei haben. ««

»» We are here to make sure that the future works, while having fun along the way. ««

---

## Agon Memedi

M.Sc.  
Verteilte Eingebettete Systeme

---

Ich bin wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Verteilte Eingebettete Systeme“ (CCS Labs) bei Professor Falko Dressler. Ich komme aus Tetovo, einer schönen Stadt im Nordwesten Mazedoniens, wo ich im Jahr 2011 meinen Bachelor-Abschluss in Technischer Informatik von der South East European University erhalten habe. Im darauffolgenden Jahr bin ich nach Deutschland gegangen, um einen Master-Abschluss in Informatik zu erwerben. Ich gehöre zur ersten Generation internationaler Studenten, die über das EUROWEB-Programm an die Universität Paderborn gekommen sind.

Zum ersten Mal auf CCS Labs gestoßen bin ich, als ich beschloss, meine Masterarbeit in einem thematischen Zusammenhang mit Fahrzeugnetzen zu schreiben. Nach dem Erwerb meines Master-Abschlusses bin ich 2015 als Doktorand in die Gruppe eingestiegen. Meine aktuelle Forschung konzentriert sich auf den Einsatz von Visible Light Communication (VLC) für Fahrzeugnetze.

VLC ist eine neuartige Kommunikationstechnologie, die durch LED-basierte Scheinwerfer und Rücklichter in modernen Fahrzeugen eingesetzt wird. Sie kann zusammen mit traditionellen funkbasierten Technologien verwendet werden, um eine effiziente und zuverlässige Kommunikation zwischen Fahrzeugen bereitzustellen und somit verschiedene Anwendungen zu unterstützen. Ich habe realistische Modelle entwickelt und benutze Simulationen, um Protokolle zu gestalten und die Auswirkungen dieser Technologie umfassenden zu untersuchen. Darüber hinaus beteilige ich mich an der multidisziplinären Forschung, in der wir effiziente Schalt- und Modulationsverfahren für lichtbasierte Kommunikation entwickelt haben.

Ich hoffe, dass meine Bemühungen nicht nur zum Stand der Forschung beitragen, sondern auch zu einer praktischen Umsetzung. Neben der Forschung engagiere ich mich auch bei „Penda“, einem Bildungsverein in meiner Heimat, der talentierte Studierende während ihres Studiums unterstützt. Damit kann ich mit der Gemeinschaft, aus der ich komme, in Verbindung bleiben und dort meinen Beitrag leisten. In diesem Zusammenhang hat es mich sehr inspiriert zu sehen, was Heinz Nixdorf für Paderborn und darüber hinaus getan hat.

In meiner Freizeit treibe ich gerne Sport, vor allem Basketball im Ahorn-Sportpark oder Schwimmen in der Schwimmpool.

---

## Agon Memedi

M.Sc.  
Distributed Embedded Systems

---

I am a research assistant in the “Distributed Embedded Systems” (CCS Labs) workgroup headed by Professor Falko Dressler. I come from Tetovo, a beautiful city in the northwest of Macedonia. In 2011, I received my bachelor’s degree in Computer Engineering from the South East European University in Tetovo, and moved to Germany the following year to pursue a master’s degree in Computer Science. I belong to the first generation of international students who came to Paderborn University via the EUROWEB program.

I first crossed paths with CCS Labs when I decided to write my master’s thesis on a topic related to vehicular networks. After obtaining my master’s degree, I joined the workgroup as a PhD student in 2015. My current research focuses on the use of visible light communication (VLC) for vehicle-to-vehicle communication.

VLC is a novel communication technology, enabled by the LED-based headlights and taillights deployed in modern vehicles. It can be used alongside traditional RF-based technologies to provide efficient and reliable communication between vehicles, and thus support various vehicular networking applications. I have developed realistic models and use simulations to design protocols and study the large-scale effects of this technology. In addition, I participate in multidisciplinary research, where we have developed efficient circuitry and modulation schemes for Vehicular VLC.

I hope that my efforts will not only contribute to the state of the art in research, but also have practical impact in the real world. Besides research, I am also involved with “Penda”, an educational association in my home country which supports talented students during their university studies. This allows me to stay connected with the community I come from, and contribute there. In that regard, seeing what Mr Heinz Nixdorf has done for Paderborn and beyond has been a great inspiration for me.

In my free time, I enjoy doing sports, in particular playing basketball at Ahorn-Sportpark or swimming at the Schwimmpool.

## Systematisch und effizient Geschäftschancen der Zukunft erschließen

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

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

E-Mail: [Iris.Graessler@hni.upb.de](mailto:Iris.Graessler@hni.upb.de)  
Telefon: +49 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

With systematic strategy development and policy deployment, we consistently guide the research and development of manufacturing companies on the 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 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)



## 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.

### Systems Engineering und Entwicklungsmanagement

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

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

### 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 mit Hilfe von Kommunikationsnetzen, Adaptivität und Konfigurierbarkeit prototypische Industrie-4.0-Implementierungen.



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

### 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 dabei beispielsweise als Werkzeug zur Konzipierung und Planung moderner, komplexer Produkte von morgen.

### Lehrangebote

Die facettenreichen Fragestellungen der Fachgruppe „Produktentstehung“ spiegeln sich in dem 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.

### Systems Engineering and Development Management

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. Once the assumed boundary conditions as well as target costs and market entry date are regularly subjected to a premise controlling, the necessary changes are identified and taken into account at an early stage.

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.

### Realization 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

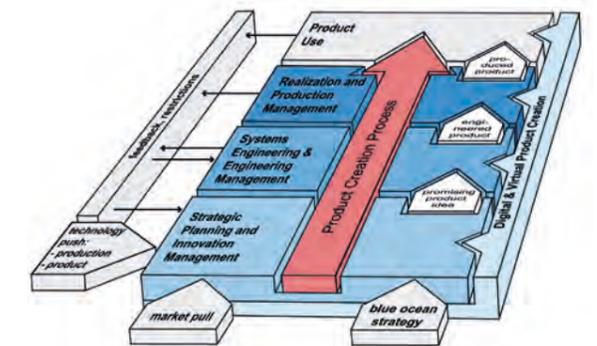
“Industrie 4.0” implementations with the help of communication networks, adaptivity and configurability.

### 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 a tool 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 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

## Methodik zur Entwicklung mechatronischer und Cyber-physischer Systeme

Neues V-Modell auf der 15. Internationalen DESIGN-Conference validiert

Die DESIGN-Conference ist Bezugspunkt für führende Wissenschaftler in der Produktentwicklung. Sie bot den Rahmen für einen erfolgreichen Workshop zur Absicherung der Ergebnisse des VDI-Fachausschusses 4.10 „Interdisziplinäre Produktentstehung“. Durch ein innovatives Workshop-Konzept waren Teilnehmer aufgerufen, Themen zu platzieren, die aktuelle Herausforderungen im Kontext der Produktentwicklung darstellen.

Aus Sicht der VDI-Richtlinienaktivitäten zum V-Modell startete die DESIGN Conference 2018 direkt mit einem Highlight: Frau Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler und Herr Dr. Michael Dattner vom Unternehmen BST eltromat International aus Bielefeld durften den Auftakt der Konferenz mitgestalten und leiteten den Workshop „Validate the V-Model for new VDI 2206“. Gemeinsam mit Julian Hentze (Fachgruppe „Produktentstehung“) und Maximilian Schneider (Institut für Mechatronische Systeme im Maschinenbau, TU Darmstadt) vertraten sie den VDI-Fachausschuss 4.10 „Interdisziplinäre Produktentstehung“. Mit dem Fachausschuss hat sich die VDI GMA Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik unter Vorsitz von Prof. Gräßler zum Ziel gesetzt, die VDI-Richtlinie 2206 zu überarbeiten. Kemelement ist das V-Modell, das an aktuelle und zukünftige Bedarfe in der industriellen Anwendung angepasst worden ist. Die VDI GMA Mess- und Automatisierungstechnik ist eine gemeinsame Fachgesellschaft des „Vereins Deutscher Ingenieure e.V.“ (VDI) und des „Verbands der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.“ (VDE).

Im Workshop wurden internationale Experten der Produktentwicklung aktiv an der Überarbeitung des V-Modells der Richtlinie VDI 2206 beteiligt. In einem „Open-Space“-Konzept erhielten die Teilnehmer die Möglichkeit, ergänzend zu den vorbereiteten Inhalten eigene Thesen zu formulieren, zu diskutieren und zu bewerten. So wurden Veränderungen der zukünftigen Richtlinie im Vergleich zur ursprünglichen Version aus dem Jahr 2004 zur Diskussion gestellt und bewertet. In offenen und intensiven Debatten bestätigten die Teilnehmer die Ergebnisse des Fachausschusses und gaben Impulse für die weitere Ausgestaltung und Formulierung der Richtlinie. Dabei wurde beispielsweise die Verknüpfung der Richtlinie mit dem Produktlebenszyklusmodell der Richtlinie VDI 2000 herausgestellt: Die Teilnehmer betonten die Relevanz der Verknüpfung und stellten die Bedeutung des Zusammenspiels der beiden Richtlinien heraus. Das große Interesse der Teilnehmer zeigte sich nicht

nur durch die intensive Beteiligung im Workshop, sondern weiterhin durch die Gewinnung neuer Mitglieder für den Fachausschuss, die sich an der Ausgestaltung der Richtlinie beteiligen werden. Ein Beitrag ist dabei die Entwicklung von attraktiven, erläuternden Beispielen, die die Praxisrelevanz der Richtlinie belegen und sie dadurch besser handhabbar machen.

Die DESIGN Conference ist die zentrale Konferenz der DESIGN Society, auf der wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Bereich der Produktentwicklung international vorgestellt und diskutiert werden, und bot damit die ideale Plattform zur Validierung des V-Modells.



Impression des „Open-Space“-Konzepts während des Workshops in Dubrovnik  
Impression of the “Open Space” concept during the workshop in Dubrovnik

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

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

## Methodology of engineering mechatronic and Cyber-physical systems

New V model validated at the 15th International DESIGN Conference

The DESIGN Conference is a reference point for leading scientists in product development. It provided the framework for a successful workshop to ensure the results of the VDI Technical Committee 4.10 “Interdisziplinäre Produktentstehung”. Through an innovative workshop concept, participants were invited to place topics that represent current challenges in the context of product development.

From the point of view of the VDI guideline activities on the V-Modell, the DESIGN Conference 2018 started with a highlight: Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler and Dr. Ing. Michael Dattner from the company BST eltromat International from Bielefeld were able to co-chair the kick-off of the conference and led the workshop “Validate the V-Model for new VDI 2206”. Together with Julian Hentze (workgroup “Product Creation”) and Maximilian Schneider (Institute for Mechatronic Systems in Mechanical Engineering, TU Darmstadt), they represented the VDI Committee 4.10 “Interdisziplinäre Produktentstehung”. Under the chairmanship of Prof. Gräßler, the VDI GMA Society for Measurement and Automation Technology has set itself the goal of revising the VDI Guideline 2206 with the Technical Committee. The core element is the V-Model, which has been adapted to current and future requirements in industrial applications. The VDI GMA Measurement and Automation Technology is a joint professional association of the “Verein Deutscher Ingenieure e.V.” (VDI) and the “Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.” (VDE).

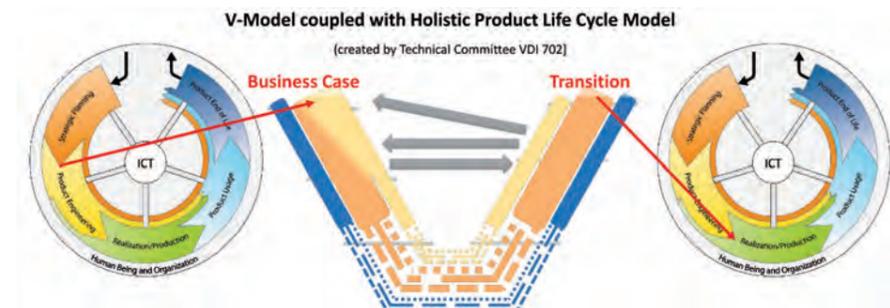
In the workshop, international product development experts were actively involved in the revision of the V-Model VDI 2206 guideline. In an “Open space” concept, participants were given the opportunity to formulate, discuss and evaluate their own theses in addition to the prepared content. Changes in the future guideline compared to the original version of 2004

have been discussed and evaluated. In open and intensive debates, the participants confirmed the findings of the expert committee and gave impulses for the further development and formulation of the guideline. For example, the link between the guideline and the product lifecycle model of the VDI 2000 guideline was highlighted: The participants emphasised the relevance of the link and emphasised the importance of the interaction of the two guidelines. The great interest of the participants was shown not only by the intensive participation in the workshop, but also by attracting new members to the technical committee, who will participate in designing the guideline. One contribution is the development of attractive, explanatory examples that demonstrate the practical relevance of the guideline and facilitate its usage.

The DESIGN Conference is the central conference of the DESIGN Society, where scientific findings from the field of product development are presented and discussed internationally, thus offering the ideal platform for the validation of the V-Modell.

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

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



Verknüpfung des Produktlebenszyklus mit dem V-Modell  
Link between the product life cycle and V model

## Gestalt- und Topologieoptimierung für additive Fertigung

### Angepasste Methodik und IT-Werkzeuge für die Produktentwicklung

OptiAMix strebt eine mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung zur Nutzung additiver Fertigung an. Die Fachgruppe „Produktentstehung“ setzt mit der Definition und dem Management von Anforderungen einen Schwerpunkt: Das Potenzial der Fertigungstechnologien soll möglichst früh im Entwicklungsprozess identifiziert und flexibel im Produktleben eingesetzt werden können.

#### Motivation

Additive Fertigungsverfahren bieten vielfältige Potenziale in Bezug auf Leichtbau oder Funktionsintegration. Diese können jedoch nicht durch eine einfache Änderung konventionell entwickelter und gefertigter Bauteile erreicht werden. Vielmehr müssen Produktentwickler/-rinnen befähigt werden, Bauteile speziell für die Anwendung additiver Fertigungsverfahren zu entwickeln und zu konstruieren. Hier setzt das Projekt OptiAMix an. Mithilfe eines durchgehenden Softwarewerkzeuges sollen alle Phasen der Produktentstehung bestmöglich unterstützt werden.

#### Zielsetzung

„Bei dem Vorhaben geht es darum, Lösungen zur mehrziel-optimierten und durchgängig automatisierten Bauteilentwicklung für die additive Fertigung zu entwickeln“, erklärt Projektkoordinator Rainer Koch vom Lehrstuhl C.I.K. der Universität Paderborn. „So können geringe Kosten und Konstruktionszeiten für Produkte erzielt werden, die die Vorteile der additiven Fertigung optimal ausnutzen und ein hohes Maß an Datensicherheit gewährleisten.“

Das Management von Anforderungen an additiv gefertigte Bauteile ist in der Produktentwicklung und in einem späteren Produktleben eine entscheidende Fehlerquelle und potenzieller Kostentreiber. So müssen bei einer späteren Anpassung oder Änderung eines Fertigungsverfahrens Auswirkungen auf andere Bauteile und -gruppen erkannt und berücksichtigt werden. Die Fachgruppe „Produktentstehung“ hat im Rahmen des Projektes eine Methode zur Analyse von Anforderungen an additiv gefertigte Bauteile ausgearbeitet und in einem Softwarewerkzeug umgesetzt. Die Ergebnisse unterstützen den Anwender bei der Risikobeurteilung von Anforderungen im Hinblick auf deren Änderungspotenzial. Daraus können zielgerichtet Handlungsempfehlungen für einen effizienteren Entwicklungsprozess abgeleitet werden. Die Methode und das Softwarewerkzeug wurden im Rahmen eines Workshops mit den Projektpartnern validiert und werden nun kontinuierlich und unter realen Bedingungen getestet und verbessert.

#### Projektorganisation

Hierzu arbeiten die Forscher der Fachgruppe „Produktentstehung“ mit den Projektpartnern des Direct Manufacturing Research Centers (DMRC) – dem Lehrstuhl für Computerintegration in Konstruktion und Planung (C.I.K.), dem Lehrstuhl für Konstruktions- und Antriebstechnik (KAT) und dem Lehrstuhl für Leichtbau im Automobil (LiA) – sowie den Industriepartnern Krause DiMaTec, EDAG Engineering, Hirschvogel Umformtechnik, Intes und WP Kemper zusammen.



Vorstellung des Softwareprototyps zur Risikobewertung von Anforderungsänderungen additiv gefertigter Produkte  
Introduction of software prototype for requirement-change risk assessment of additive manufactured products

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das Vorhaben im Themenfeld „Additive Fertigung – individualisierte Produkte, komplexe Massenprodukte, innovative Materialien“ mit einer Summe von rund 2,54 Millionen Euro. Das Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren und ein Gesamtvolumen von 4,4 Millionen Euro. OptiAMix ist im Januar gestartet und läuft zunächst bis Dezember 2019.

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

 **Christian Oleff, M.Sc.**  
E-Mail: Christian.Oleff@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 56

 Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

## Optimisation of shape and topology for additive manufacturing

### Adapted methods and IT tools for product development

OptiAMix aims at a multi-criteria optimisation and integrated automatisisation of product development for additive manufacturing. The “Product Creation” workgroup focuses on requirements definition and management. The objective is to identify potentials of additive manufacturing in early phases of product development and flexibly utilise such technologies throughout product life.

#### Motivation

Additive Manufacturing offers various potentials for functional integration and lightweight construction. Nonetheless it is not reasonable or even feasibly to simply change conventional designs and manufactured products. Product developers need tools to develop and design products specifically for the use case of AM. The support of all phases of product creation by a holistic software tool is targeted by the project “OptiAMix”.

#### Objectives

“This project focusses on the development of solutions for multi-criteria optimisation and automatisisation of product development for AM”, outlines project coordinator Rainer Koch, head of the chair for Computer Application and Integration in Design and Planning C.I.K. at Paderborn University. “Thus, lower development costs and shorter developing times can be achieved to leverage the advantages of AM while ensuring a high level of data protection.”



Benutzeroberfläche des Softwareprototyps zur Risikobewertung von Anforderungsänderungen additiv gefertigter Produkte  
User Interface of the software prototype for requirement-change risk assessment of additiv manufactured products

Requirements management of AM-parts during product development and in later phases of the product lifecycle is one of the key pitfalls and potential cost driver. For instance, in case of changes for one manufacturing process, the implications of subsequent modifications to the design or to the manufacturing process of other parts or modules must be identified and considered. The “Product Creation” workgroup has developed a

methodology for requirements analysis of AM-parts. The methodology is also implemented into a software tool and supports the user to perform risk assessment of requirements, according to their change likelihood and impact. Based on the analysis, recommendation for adequate risk handling and an efficient development process can be derived. An initial validation of the methodology as well as the software tool was done in the context of the annual project meeting. From now on, the results will be continuously tested and improved under realistic circumstances at the partner companies.

The “Product Creation” workgroup is cooperating with partners of the Direct Manufacturing Research Center (DMRC) – the chair for Computer Application and Integration in Design and Planning (C.I.K.), the chair of Design and Drive Technology (KAT) and the chair for Automotive Lightweight Design (LIA) – as well as with the industrial partners Krause DiMaTec, EDAG Engineering, Hirschvogel Automotive Group, Intes and WP Kemper.

The project is funded by the federal ministry of education and research (BMBF) in the field “Additive Fertigung – Individualisierte Produkte, komplexe Massenprodukte, innovative Materialien” with a grant of 2.54 million euros. The project duration is three years with an overall project volume of 4.4 million euros. OptiAMix was kicked-off in January with a project duration until December 2019.

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

 **Christian Oleff, M.Sc.**  
E-mail: Christian.Oleff@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 56

 Supported by: Federal ministry of education and research (BMBF)

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

## Advanced Digitalisation@Nordzucker

Potenzialanalyse zur Digitalisierung des Zuckerfabrikationsprozesses von Nordzucker

Das Projekt Advanced Digitalisation@Nordzucker verfolgte das Ziel, Digitalisierungspotenziale in den Prozessen und Systemen der Nordzucker AG zu identifizieren. Advanced Digitalisation wird hier interpretiert als Einführung von „Internet-of-Everything“-Technologien. Es wurde eine Kombination aus Prozess- und Datenanalysen durchgeführt, um Potenziale zu identifizieren und die Auswirkungen hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen aufzuzeigen.

### Motivation

Aktuelle Entwicklungen in Produktions- und Informationstechnologien – beschrieben durch Begriffe wie Industrie 4.0, Industrielle Digitalisierung, Cyber-Physical Systems (CPS), Internet der Dinge (IoT) und Industrial Internet – eröffnen neue Möglichkeiten der Gestaltung von Produktionssystemen. Durch ihre Vernetzung mit anderen Systemen und Diensten können einzelne Teil-Systeme im Shopfloor ihren Zustand erfassen und daraus Interaktionen mit anderen Teil-Systemen ableiten. Dadurch wird ein Wandel von zentral gesteuerten Systemen hin zu selbststeuernden Systemen erreicht. Mit der Idee von „Advanced Digitalisation“ verbunden sind außerdem neue Arten von datenbasierten Diensten, eine Automatisierung komplexer Geschäftsprozesse und ein steigender Anteil an Software in technischen Systemen. Die Digitalisierung eröffnet Möglichkeiten für Unternehmen, Sicherheit und Effizienz zu steigern und neue Arten von digitalen Geschäftsmodellen zu etablieren. Mit Digitalisierung ist somit jedoch auch die Gefahr verbunden, dass Wettbewerber durch schnelleres Anwenden derartiger Technologien und Konzepte in der Marktposition aufholen und vorbeiziehen. Die damit verbundenen Entwicklungen wirken sich stark auf bestehende Marktstrukturen aus und haben das Potenzial, diese zu verändern.

### Zielsetzung

Nordzucker ist mit 18 Zuckerfabriken in Nord- und Mitteleuropa einer der größten Zuckerproduzenten Europas. Das Unternehmen sieht große Potenziale im Einsatz von Digitalisierungs-Technologien und -Methoden: Ziel ist eine erweiterte Nutzung der Daten und eine verbesserte Unterstützung komplexer Prozesse. In sogenannten „Kampagnen“ von September bis Januar produziert Nordzucker über 250 verschiedene Zuckervarianten. Neben Zucker werden auch andere Produkte wie Futtermittel, Melasse, Brennstoff und Energie produziert. Der Produktionsprozess ist hoch automatisiert und wird hauptsächlich über ein Prozessleitsystem gesteuert. Diese Ausgangslage erfordert anspruchsvolle und innovative Lösungen. Ziel des Projektes Advanced Digitalisation@Nordzucker war die ganzheitliche Untersuchung von Planungs-, Auftragsbearbeitungs-, Produktions- und Instandhaltungsprozessen sowie deren digitale Repräsentation.

### Projektorganisation

Im Projekt kooperierte das Forschungsteam eng mit zentralen Unternehmensbereichen sowie zwei ausgewählten Werken in Deutschland und Dänemark. Grundlage der Analyse waren systematische Beobachtungen und Befragungen vor Ort sowie eine Analyse von Daten aus vergangenen Zuckerfabrikations-Kampagnen. Über die Erstellung und Reflektion von entsprechenden Prozess- und Datenmodellen wurden vielfältige Potenziale identifiziert und bewertet. Diese Potenziale wurden abschließend durch die Entwicklung von Pilotlösungen beurteilt, um den praktischen Nutzen des Einsatzes von Digitalisierung bei Nordzucker aufzuzeigen.



Die Zuckerfabrik von Nordzucker in Uelzen  
Nordzucker Uelzen sugar plant

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

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

 Gefördert durch: Nordzucker AG

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

## Advanced Digitalisation@Nordzucker

Potential analysis of digitalising the sugar fabrication process of Nordzucker

The project Advanced Digitalisation@Nordzucker aimed at identifying digitalisation potentials in processes and systems of the Nordzucker AG. In this context, Advanced Digitalisation means to implement “Internet-of-Everything” technologies for vertical and horizontal integration. A combination of process and data analyses was carried out in order to identify potentials and to investigate impacts of future developments.

### Motivation

Recent developments in production and information technologies – characterised by topics like “Industrie 4.0”, Industrial Digitalisation, Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT) and Industrial Internet – establish new ways for controlling, connecting and operating production devices. The interconnection of all systems and services enables shop floor sub-systems to gain data about their individual status and to derive conclusions for interactions with other sub-systems. Therefore, tasks of production devices can be enhanced from executing commands to actually self-controlling. Furthermore, “Advanced Digitalisation” subsumes new kinds of computational services, an automation of even complex business processes and a rising percentage of software in technical systems. Digitalisation creates possibilities for companies improving safety, efficiency and enabling new kinds of digital business models. However, it also implies the risk of falling behind competitors where uptake of such kind of new technologies is performed quicker and more efficient. The associated developments strongly influence existing market structures and carry the potential of changing them drastically.

### Objectives

Nordzucker is one of the biggest sugar producing companies in Europe with 18 sugar fabrication plants in northern and central Europe. The company recognises great potentials in using new digitalisation technologies and methods regarding a better usage of data and an improved computational assistance of complex processes. In so called “campaigns” from September to January, Nordzucker fabricates over 250 variants of sugar. Besides sugar, also other products like feeds, molasses, fuel and also energy are produced. The production process is highly automated and mainly controlled via a Process Control System. The potential analysis required sophisticated and innovative solution approaches. Objective of the project Advanced Digitalisation@Nordzucker was to holistically investigate planning, order processing, production and maintenance processes and their digital representation.

### Project Organisation

The research team established a close cooperation with central business units as well as two selected plants in Germany and Denmark. The analysis was mainly conducted through on-site observations and interviews as well as data analysis based on past fabrication campaigns. Through the creation of process and data models describing the digital representation of information at Nordzucker diverse potentials were identified and evaluated. These potentials for improvements in the digital representation were assessed through the development of pilot solutions showing the impact of digitalisation at Nordzucker.



Anlagen zur Kristallisation und Zentrifugation  
Crystallisation and centrifugation facilities

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

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

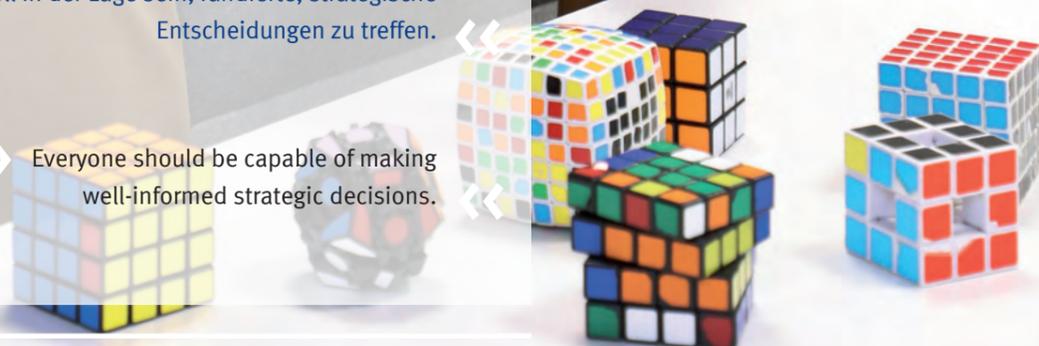
 Supported by: Nordzucker AG

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



»» Jeder soll in der Lage sein, fundierte, strategische Entscheidungen zu treffen.

»» Everyone should be capable of making well-informed strategic decisions.



## Henrik Thiele

M.Sc.  
Produktentstehung

Seit Ende 2017 bin ich Mitarbeiter der Fachgruppe „Produktentstehung“ und bleibe damit der Domstadt treu, in der ich aufgewachsen bin. Begonnen hat meine Reise am Gymnasium Theodorianum in der Innenstadt, an die ich von 2011 bis 2017 direkt ein Studium der Technomathematik mit dem Schwerpunkt Maschinenbau an unserer hiesigen Universität anschloss. Unterbrochen wurde meine Zeit in Paderborn durch Auslandsaufenthalte während der Schulzeit in Argentinien und während des Studiums in den USA.

Diese Kombination aus stetig Neuem und theoretischem Studium ist auch der Grund, der mich motivierte, in die Forschung einzutauchen. Mich reizt der Auftrag an uns Wissenschaftler, Fragestellungen zu beantworten, dessen Antwort von vorneherein nicht klar und insbesondere unvorhersehbar ist. Nirgendwo sonst ist die Möglichkeit gegeben, sich derart tief in ein selbst gesuchtes Thema mit dem gleichzeitigen Anspruch an Neuheit einzuarbeiten, wie es bei einer Promotion gefordert ist.

Insbesondere die Mischung aus Mathematik und Maschinenbau meines Studiums bietet die optimale Überschneidung für die Fachgruppe „Produktentstehung“. Thematisch beschäftigt mich mit Algorithmen in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses, insbesondere der strategischen Planung. So stellt sich der Mathematiker in mir die Fragen nach der Möglichkeit und Exaktheit von Voraussagen, während der Maschinenbauer stets auf die Anwendbarkeit und Notwendigkeit eben dieser schaut.

In diesem Kontext ist meine Vision, dass zukünftig Organisationen und Unternehmen jeder Größe mit dem nötigen Rüstzeug ausgestattet sind, strategische Entscheidungen auf fundierte Weise treffen zu können, ohne vollständig auf Algorithmen und externe Helfer zurückzugreifen. Nur das optimale Gleichgewicht zwischen menschlichem und maschinellem Input bietet die Möglichkeit, robuste Zukunftsstrategien zu entwickeln, die von den Anwendern auch akzeptiert und umgesetzt werden.

Auch in der Freizeit beschäftige ich mich gerne damit, Rätsel zu lösen, sei es auf sportliche Weise beim Bouldern oder grübelnd beim Zauberwürfel. Außerdem empfinde ich es persönlich als sehr wichtig, mich für die Gesellschaft zu engagieren, in der wir leben. Nur durch gemeinsames Anpacken, anstatt zu reden, haben wir die Möglichkeit, die Zukunft so zu formen, dass wir in dieser gemeinsam leben wollen.

## Henrik Thiele

M.Sc.  
Product Creation

Since the end of 2017, I have been a member of the “Product Creation” workgroup and, therefore, still remain loyal to the city I grew up in. My journey began at the Gymnasium Theodorianum right in the city centre, followed by a bachelor’s and master’s degree in Applied Mathematics with a minor in mechanical engineering at our local university from 2011 to 2017. My time in Paderborn was interrupted by stays abroad in Argentina during my school time and in the US during my studies.

This combination of constant new and theoretical studies is also the reason that motivated me to go into research. I am fascinated by scientists’ mission to solve questions whose outcome is not clear at the start and, furthermore, unpredictable. It is not possible anywhere else to familiarise yourself so deeply with a topic of your own choice with the simultaneous demand for novelty as is required for writing a PhD thesis.

In particular, the mixture of mathematics and mechanical engineering of my studies offers the optimal overlap for the “Product Creation” workgroup. Thematically, I deal with algorithms in the early phase of the product development process, especially strategic planning. Therefore, the mathematician in me asks questions about the possibility and accuracy of predictions, while the mechanical engineer in me always looks at the applicability and necessity of these.

In this context, my vision is that, in the future, organisations and companies of all sizes will be equipped with the necessary tools to make strategic decisions in a well-informed manner, without having to rely completely on either algorithms or external help. Only the optimal balance between human and machine input offers the possibility to develop robust strategies, which are accepted and implemented by the users.

In my spare time, I like to solve puzzles as well, whether in a sportive way while bouldering or thinking while solving the Rubik’s cube. In addition, I personally consider it very important to get involved in the society we live in. It is only by getting engaged instead of just talking that we can have the opportunity to shape the future in such a way that we want to live in it together.

## 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@hni.upb.de](mailto:eyke@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 17 71

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

## From data to knowledge and intelligent systems

Prof. Dr. rer. nat. 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@hni.upb.de](mailto:eyke@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 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 vektorialen 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 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 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 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

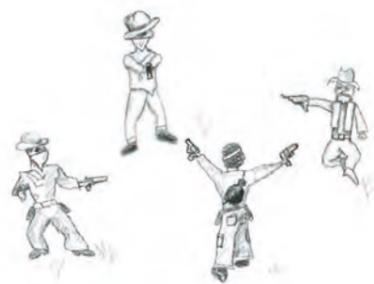
Artificial intelligence and machine learning have a far-reaching influence on our society. Being aware of the potential impact of algorithms for data analytics and automated decision making on people and daily life, we critically analyse the implications of AI research together with colleagues from the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

## 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.

### Multi-Armed-Bandits

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 – bezugnehmend auf die Metapher des gleichnamigen Spielautomaten in Casinos werden die Optionen auch als „Arme“ bezeichnet, die „gezogen“ werden können. Genauer wählt der Agent in jedem Zeitschritt eine Option und erhält einen numerischen, typischerweise veräuschten Gewinn, der Information über die Qualität der Option liefert. Das Ziel des Agenten besteht darin, ein (zeitabhängiges) Bewertungskriterium zu minimieren, z. B. die Fehlerrate oder die erwartete Differenz zwischen der Summe der bei optimaler Strategie theoretisch möglichen und der tatsächlichen erzielten Gewinne.



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

Dieses Projekt ist einer Variante des MAB-Problems gewidmet, die wir als „präferenzbasierten“ mehrarmigen Banditen (PB-MAB) bezeichnen. Statt aus Feedback in Form reellwertiger Gewinne für die Auswahl individueller Alternativen zu lernen, vergleicht ein PB-MAB-Agent Paare von Alternativen und erhält (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 verallgemeinertem, nicht auf paarweise Vergleiche beschränktem Feedback.

### PB-MAB-Probleme und Algorithmen

Ein einfaches Beispiel einer Lernaufgabe im PB-MAB-Setting besteht darin, mit hoher Wahrscheinlichkeit, aber möglichst wenigen paarweisen Vergleichen den „Gewinner“ (beste Option) zu identifizieren. Allgemeiner könnte man daran interessiert sein, eine vollständige Präferenzordnung in Form einer Reihung aller Alternativen zu bestimmen – vorausgesetzt ist hier natürlich eine geeignete Definition einer „besten“ oder „wahren“ Reihung. Aufgrund möglicher Inkonsistenzen und Präferenzzyklen ist eine solche Definition nicht immer offensichtlich. Ein ähnlich gelagertes Problem besteht darin, die Top- $k$  Alternativen zu bestimmen. Um Probleme dieser Art anzugehen, machen wir in der Regel statistische Annahmen über die Erzeugung der Daten in Form einer Wahrscheinlichkeitsverteilung auf Reihungen und modellieren paarweise Vergleiche als Randverteilungen. Das Lösen eines bestimmten Problems läuft dann häufig darauf hinaus, Aussagen über Eigenschaften dieser Verteilung zu machen, wie z. B. deren Modus. Die Schwierigkeit der Probleme und die entsprechende Stichprobenkomplexität von Algorithmen werden stark dadurch beeinflusst, wie restriktiv die Annahmen über die Verteilung sind und ob aus diesen Annahmen nützliche Eigenschaften wie spezielle Formen von (abgeschwächter) Transitivität gefolgert werden können.

 Adil El MESAoudi-Paul, M.Sc.  
E-Mail: Adil.Paul@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 33 46

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

## 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.

### Multi-Armed Bandits

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 – 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). Combining theoretical challenge with practical usefulness, MABs have received considerable attention in machine learning research in the recent past.

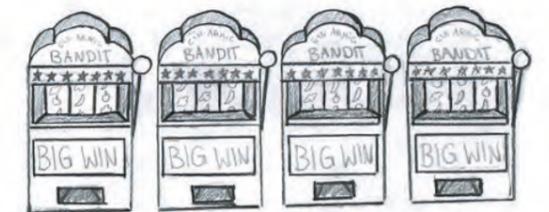
### Preference-based Multi-Armed Bandits

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 find the “winner” (best option) with as few stochastic pairwise comparisons as possible. More generally,

one might be interested in determining a complete preference order in the form of a ranking of all alternatives, which, of course, presumes a suitable definition of a “best” or “ground-truth” ranking; due to possible inconsistencies such as preferential cycles, such a definition is not always straightforward. A problem in-between these two is to identify the top- $k$  alternatives.



To tackle problems of that kind, we mostly rely on the assumption of an underlying statistical model, namely a probability distribution on rankings, and model pairwise comparisons as marginals of that distribution. Solving a specific learning task then often amounts to inferring a certain property of that distribution, such as its mode. The difficulty of a problem, and correspondingly the sample complexity of an algorithm, then strongly depend on how restrictive these assumptions are, and whether or not they imply useful properties such as specific types of (relaxed) transitivity.

 Adil El MESAoudi-Paul, M.Sc.  
E-mail: Adil.Paul@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 33 46

 Supported by: German Research Foundation (DFG)

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

## Regellernen für Multilabel-Klassifikation

Die Induktion von Regelmodellen ist eine etablierte Technik im Bereich des maschinellen Lernens. Dieses Projekt widmet sich einer Erweiterung des Regellernens für die sogenannte Multilabel-Klassifikation, einer Verallgemeinerung des Standard-Klassifikationsproblems, bei der die Kategorien nicht mehr wechselseitig exklusiv sind.

### Multilabel-Klassifikation

Das Problem der Multilabel-Klassifikation (multilabel classification, MLC) kann als Verallgemeinerung des Standard-Klassifikationsproblems im maschinellen Lernen aufgefasst werden. Während sich in Letzterem die Kategorien gegenseitig ausschließen, erlaubt MLC die Zugehörigkeit einer Instanz zu mehreren Kategorien gleichzeitig. Ein typisches Beispiel ist das Taggen von Bildern, wo auf ein Bild gleichzeitig mehrere Tags zutreffen können (z. B. „Baum“, „Wolke“ und „Himmel“). MLC hat in der jüngeren Vergangenheit viel Beachtung gefunden und wird heutzutage in vielen Anwendungen genutzt, von der Proteinklassifikation bis hin zur Kategorisierung von Musik.

### Regellernen

Eine besondere methodische Herausforderung bei der MLC besteht darin, statistische Abhängigkeiten und Korrelationen zwischen unterschiedlichen Klassen zu entdecken und zum Zweck einer verbesserten Prädiktion zu nutzen. Ein wichtiges Ziel des Projektes ist es, auf Grundlage des Klassifikationsregel-Formalismus einen einheitlichen Rahmen zur Repräsentation unterschiedlicher Typen von Abhängigkeiten zu entwickeln und dessen Ausdrucksstärke zu untersuchen. Regelbasierte Repräsentationen sind nicht zuletzt interessant aufgrund ihrer potenziellen Transparenz und Interpretierbarkeit, die heutzutage in vielen Anwendungen eine wichtige Rolle spielt.

### Regelinduktion für MLC

Ein wesentlicher Teil des Projekts ist der Erweiterung existierender Methoden der Regelinduktion gewidmet, um sie für die MLC anwendbar zu machen. Besonders herausfordernd in diesem Zusammenhang ist die Idee der „gemischten Regeln“, die als Regelantezedenzen gleichzeitig Bedingungen an die Attribute einer Instanz als auch Bedingungen an Klassen-Label zulassen. Einerseits erlauben solche Regeln die Modellierung von Beziehungen von Klassen und erhöhen die Ausdrucksstärke, andererseits führen sie auch zu theoretischen Problemen wie zirkuläre Abhängigkeiten.

### Optimale MLC-Prädiktionen

Die Multilabel-Klassifikation bietet ein breites Spektrum an Fehlermaßen, um die Qualität von Prädiktionen zu messen. Ein weiteres wichtiges Problem ist daher die Frage nach optimalen Regelkonsequenzen, also die Frage danach, wie einzelne Regeln Teilmengen von Klassen vorhersagen und wie die Vorhersagen individueller Regeln in eine finale Prädiktion kombiniert werden sollten. In diesem Zusammenhang planen wir auch, die Idee einer Multilabel-Klassifikation mit partieller Enthaltung als Verallgemeinerung der Klassifikation mit Enthaltung zu untersuchen: Dem Lernverfahren wird es erlaubt, sich bei solchen Klassen zu enthalten, bei denen er sich nicht ausreichend sicher ist. Konkret bestünde die Aufgabe darin, partielle Vorhersagen zu liefern, die optimal im Sinne eines erweiterten Fehlermaßes sind, das ein Fehlermaß für vollständige Vorhersagen mit einem Strafterm für Enthaltungen kombiniert. Dies erfordert offenbar eine geeignete Repräsentation der Unsicherheit einer Prädiktion.



 **Dr. Vu-Linh Nguyen**  
E-Mail: Vu.Linh.Nguyen@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 33 45

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
(gemeinsames Projekt mit Prof. J. Fürnkranz, TU Darmstadt)

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

## Rule Learning for Multilabel Classification

Inductive rule learning is a well-established approach in machine learning. This project is devoted to the extension of rule learning towards so-called multilabel classification (MLC), a generalisation of conventional multiclass classification in which classes are no longer mutually exclusive. Due to its expressivity, flexibility and potential interpretability, rule learning appears to be specifically appealing for MLC.

### Multilabel Classification

The problem of multilabel classification (MLC) can be seen as a generalisation of the standard problem of classification in machine learning. While classes are mutually exclusive in the latter, MLC allows a single instance to belong to several categories simultaneously. A typical example is image tagging, where an image can be tagged with several labels (such as “tree, cloud and sky”) at the same time. MLC has received increasing attention in the recent machine learning literature and is nowadays used in applications as diverse as protein function classification and music categorisation.

### Rule Learning

A specific challenge in MLC is to discover statistical dependencies and correlations between different labels, and to exploit such dependencies for improved prediction. The objectives of this project are to develop a unified framework for representing different types of label dependencies using the formalism of classification rules, and to analyse their expressive power for MLC. Rule-based representations are especially appealing due to their potential transparency and interpretability, which plays an important role in many machine learning applications nowadays.

### Rule Induction for MLC

A major part of the project is devoted to the generalisation of existing rule induction techniques from standard classification to the setting of multilabel classification. Specifically challenging in this regard is the idea of “mixed rules”, that is, rules allowing for both conditions on labels and instance features as antecedents. On the one hand, rules of that kind significantly increase expressiveness and allow for modelling label dependencies. On the other hand, they cause theoretical problems such as possible circular dependencies.

### Optimal MLC predictions

Multilabel classification offers a broad spectrum of loss functions for measuring the quality of predictions. Therefore, another important problem to be addressed in this project con-

cerns the question of how individual rules should predict so as to perform optimally in terms of a given loss function, and how the predictions of individual rules should be combined into an overall prediction.

In this regard, we also plan to elaborate on the idea of multi-label prediction with partial abstention, generalising the notion of classification with a reject option. Thus, the idea is to allow the learner to abstain from the prediction for some of the labels when not being certain enough. More specifically, given a performance metric and a penalty for abstention, the task of the learner is to produce a partial prediction with minimal expected overall loss. Depending on the underlying metric, this problem is highly non-trivial. Moreover, it obviously requires a suitable representation of the uncertainty in a prediction.

| $X_1$    | $X_2$    | $\dots$  | $X_n$    | tree     | $\dots$  | sky      | cloud    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 17       | 0        | $\dots$  | 57       | 0        | $\dots$  | 1        | 1        |
| 12       | 0        | $\dots$  | 63       | 1        | $\dots$  | 0        | 0        |
| 11       | 1        | $\dots$  | 71       | 1        | $\dots$  | 0        | 1        |
| $\vdots$ | $\vdots$ | $\ddots$ | $\vdots$ | $\vdots$ | $\ddots$ | $\vdots$ | $\vdots$ |
| 19       | 1        | $\dots$  | 52       | 0        | $\dots$  | 0        | 1        |

 **Dr. Vu-Linh Nguyen**  
E-mail: Vu.Linh.Nguyen@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 33 45

 Supported by: German Research Foundation (DFG),  
(Joint project with Prof. J. Fürnkranz, TU Darmstadt)

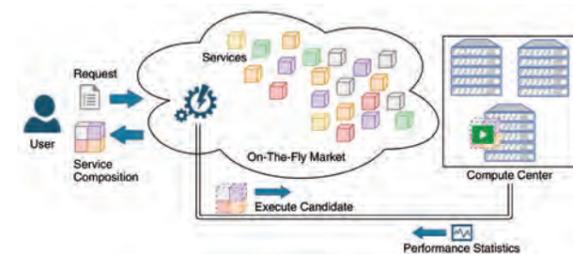
 [www.hni.upb.de/en/ism](http://www.hni.upb.de/en/ism)

## Automatisierte Servicekomposition für On-the-Fly Computing

Der Sonderforschungsbereich „On-the-Fly Computing“ beschäftigt sich mit der Bereitstellung von automatisch konfigurierten IT-Diensten. Im Teilprojekt „Konfiguration und Bewertung“ verwenden und entwickeln wir Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) sowie des Maschinellen Lernens (ML), um solche Dienste gemäß den individuellen Bedürfnissen des Nutzers zu konfigurieren und bereitzustellen.

### Konfiguration von Servicekompositionen

Bereits heute werden verschiedene Software-Dienste auf Cloud-basierten Plattformen wie Algorithmia, AWS oder Microsoft Azure zur Verfügung gestellt. Die Art der Dienste ist breit gefächert und reicht von einfachen Algorithmen bis hin zu komplexen Softwaresystemen. Bereitgestellte Dienste innerhalb eines solchen Marktes werden als Basisdienste aufgefasst, die sowohl alleinstehend genutzt als auch zu komplexen Diensten kombiniert werden können. Die Komposition von Basisdiensten und die Bereitstellung komplexer Dienste erfolgt automatisiert auf Anfrage eines Nutzers.



Verzahnte automatisierte Dienstkomposition und -ausführung in On-The-Fly-Märkten  
Interleaved automated service composition and execution in On-The-Fly-Markets

### Verzahnte Servicekomposition und -ausführung

Bei der Komposition von Services werden nicht nur funktionale Eigenschaften betrachtet, die im Wesentlichen die Korrektheit betreffen, sondern auch statische und dynamische nicht-funktionale Eigenschaften wie Laufzeit, Speichernutzung, etc. optimiert. Letztere charakterisieren oftmals dynamisches Verhalten, das möglicherweise von der Belegung von Eingabeparametern abhängt und je nach konkreter Eigenschaft lediglich durch Ausführen des Dienstes ermittelt werden kann. Wir haben daher einen automatisierten Ansatz entwickelt, um die Komposition von Diensten auf Basis einer formalen Beschreibung der Funktionalität mit der Ausführung dieser Dienste für konkrete Eingabedaten zu verzahnen. Auf diese Weise können dynamische nicht-funktionale Eigenschaften ermittelt und daraufhin bezüglich der Anforderungen des Benutzers optimiert werden.

### Konfiguration von Machine-Learning-Diensten

In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach maschinellen Lernverfahren stark gestiegen, sodass diese Nachfrage von den verfügbaren Experten nicht mehr gedeckt werden kann. Aus dieser Situation heraus hat sich das Forschungsgebiet „Automated Machine Learning“ (AutoML) entwickelt, das sich mit der automatisierten Bereitstellung von ML-Funktionalität befasst. Wir haben ein neues AutoML-Tool namens ML-Plan entwickelt, das die automatisierte Dienstkomposition für die Domäne des maschinellen Lernens instanziiert und komplexe ML-Dienste aus einfachen ML-Algorithmen komponiert. Die automatisierte Komposition von ML-Diensten basiert wesentlich auf der Messung dynamischer nicht-funktionaler Eigenschaften, vor allem der Generalisierungsgüte, um für den Nutzer letztlich einen möglichst performanten Service bereitstellen zu können. Gegenüber existierenden State-of-the-Art-Ansätzen erweist sich ML-Plan als äußerst konkurrenzfähiges AutoML Tool.

 **Marcel Wever, M.Sc.**  
E-Mail: Marcel.Wever@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 33 52

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), SFB 901

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

## Automated Service Composition for On-The-Fly Computing

The collaborative research centre “On-The-Fly Computing” deals with the automatic provision of IT services on demand. In this context, our subproject “Configuration and Evaluation” is responsible for the automatic configuration of software services that are specifically tailored to the individual needs of a user. To this end, we essentially apply and develop methods of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML).

### Configuration of Service Compositions

Today, various software services on cloud-based platforms, such as Algorithmia, AWS, or Microsoft Azure, are already available to a wide audience. The types of services offered are broad and range from simple algorithms to complex software systems. Services provided within such a market are regarded as basic services. They can either be used stand-alone or, to fulfil a more complex task, be combined into compositions. The composition of basic services and the provision of solutions that comply with the requirements of a user is largely automated and done in an on-the-fly manner. Automated service composition considers not only functional but also non-functional properties, both static and dynamic. To determine the dynamic properties, the service composition is interleaved with the execution of solution candidates.

### Interleaved Service Composition and Execution

In the composition of services, functional properties are important to ensure functional correctness, but non-functional properties such as runtime, memory usage, etc., also play an essential role. In addition, the latter often characterise dynamic behaviour, which possibly depends on the values of input parameters and, depending on the concrete non-functional property, can only be determined by executing the service itself. Therefore, an automated service composition approach has been developed to interleave the service composition on a formal functional description with executing the composed actual services for concrete input parameter values. In this way, dynamic non-functional properties can be determined and optimised with regard to the user's requirements.

### Composition of Machine Learning Services

In the past years, the demand for machine learning functionality has risen sharply, so that this demand can no longer be met by the available experts. This has triggered the field of “Automated Machine Learning” (AutoML), which deals with the automatic provision of machine learning functionality. Recently, we developed a new AutoML tool called ML-Plan,

which instantiates automated service composition for the machine learning domain, composing complex machine learning services from simple machine learning algorithms. To provide the user with a service that is tailored to his needs, the automated composition of ML services heavily relies on the measurement of dynamic non-functional properties regarding the generalisation behaviour of a solution candidate for the data at hand. ML-Plan proved to be highly competitive to existing state-of-the-art AutoML tools.

 **Marcel Wever, M.Sc.**  
E-mail: Marcel.Wever@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 33 52

 Supported by: German Research Foundation (DFG), CRC 901

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



---

## Karlson Pfannschmidt

M.Sc.  
Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen

---

Wenn mich jemand fragt, welches Motiv sich wie ein roter Faden durch meine Interessen und meine Forschung zieht, würde ich mit der Suche nach der optimalen Entscheidung antworten. Bereits in meiner Schulzeit war ich fasziniert von der Anwendung von künstlicher Intelligenz in Spielen wie Schach. Das Spiel selbst war dabei nebensächlich und mich bewegte die Frage, wie es möglich ist, den besten Zug in einer gegebenen Position zu finden und dabei die ungeheure Komplexität des Problems zu bändigen. Mir war schnell klar, dass ich Fragestellungen dieser Art am besten im Zuge eines Informatikstudiums beantworten kann, und damit war mein Studium vorprogrammiert.

Ich begann mein Studium an der Universität Paderborn und lernte das Rüstzeug, um viele algorithmische Probleme lösen zu können. Gleichzeitig lernte ich, dass es für die meisten der interessanten Probleme unmöglich ist, in absehbarer Zeit die optimale Lösung zu berechnen. Schnell entdeckte ich das Feld des Maschinellen Lernens, da hier die Suche nach einem optimalen Modell für eine gegebene Datenmenge zentral ist. Nach Bachelor- und Masterarbeit in diesem Gebiet begann ich im Mai 2015 meinen Promotionsstudiengang in der Fachgruppe „Intelligente Systeme“ bei Professor Hüllermeier.

Aktuell forsche ich an der Frage, wie sich Modelle aus präferenzbasierten Daten ableiten lassen. Wenn zum Beispiel eine Person zu einer Wahl geht und bei einer kandidierenden Person ein Kreuz macht, drückt sie damit eine Präferenz gegenüber allen anderen Kandidierenden aus. In der Anwendung könnten das zum Beispiel Daten über das Kaufverhalten verschiedener Kunden sein. Ein Modell sollte in der Lage sein, folgende Fragen zu beantworten: Welches Produkt wird aus der gegebenen Menge ausgewählt? Welche Rangfolge würde die Person den Produkten zuordnen? Es müssen aber nicht immer Präferenzen von Personen sein. Es könnte auch das Auswahlverhalten eines anderen (möglicherweise aufwendig zu berechnenden) Algorithmus sein, welches approximiert werden soll.

Neben meiner Forschung begeistere ich mich für den Einsatz des maschinellen Lernens im Schach und begleite das Open-Source-Projekt „Leela Chess Zero“. Weiter habe ich für mich die Mathematik entdeckt und studiere diese, sofern ich Zeit habe. Zum Ausgleich gehe ich gerne laufen oder spiele Brettspiele zusammen mit meinen Freunden.

---

## Karlson Pfannschmidt

M.Sc.  
Intelligent Systems and Machine Learning

---

If someone were to ask me what theme runs like a thread through my interests and research, I would respond with the search for the optimal decision. Already in my school time I was fascinated by the application of artificial intelligence in games like chess. The game itself was secondary and I was intrigued more by the question of how to find the best move in a given position while taming the enormous complexity of the problem. It quickly became clear to me that I could best answer questions of this kind in the course of studying computer science, and so my academic studies were preprogrammed.

I began my studies at Paderborn University and learned the tools to solve many algorithmic problems. At the same time, I learned that it is infeasible for most of the interesting problems to calculate the optimal solution in a reasonable time. I quickly discovered the field of machine learning, in which the pursuit for the optimal model for a given dataset is central. After my bachelor's and master's thesis in this field, I started my doctoral studies in May 2015 in the “Intelligent Systems” workgroup under Professor Hüllermeier.

Presently, I am investigating the question of how models can be derived from preference-based data. For example, if a person goes to an election and chooses a candidate, they express a preference of this candidate over all other candidates. An application example of this could be purchasing behaviour data for different customers. A model should be able to answer the following questions: Which product will be selected from the given set? Which ranking would the person assign to the products? However, the preferences do not have to be those of individuals. It could also be the choice behaviour of another (possibly time-consuming to evaluate) algorithm which is to be approximated.

In addition to my research, I am enthusiastic about the use of machine learning in chess and contribute to the open source project “Leela Chess Zero”. I have also discovered mathematics for myself and study it if I have the time. As a balance, I like to go running or play board games together with my friends.

»» Ich bewundere die Schönheit von Algorithmen und Datenstrukturen, die durch datengetriebene Optimierung entstehen – unvoreingenommen von dem Einsatz menschlicher Heuristiken. ««

»» I admire the beauty of algorithms and data structures created by data-driven optimisation – unbiased from the use of human heuristics. ««

## Technik für Menschen gestalten

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

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

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

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

## Designing Technology for People

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

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

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

 [www.hni.upb.de/en/contextual-informatics](http://www.hni.upb.de/en/contextual-informatics)

## Fachgruppe Kontextuelle Informatik

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

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

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

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

Mit dem Konzept der virtuellen Wissensräume haben wir bereits Mitte der 1990er-Jahre das grundlegende Paradigma antizipiert, das später unter dem Namen „Nutzergenerierte Inhalte“ (Web 2.0 (2003) oder Social Software (2002)) bekannt geworden ist. Die dazu von uns entwickelten Systeme sind in vielen Bereichen seit Jahren erfolgreich im Einsatz, u. a. als regionales Bildungsnetz (bid-owl) oder als E-Learning-Plattform der Universität Paderborn (koaLA).

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

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

## Workgroup Contextual Informatics

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

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

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

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

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

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

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

## Zentrum Musik-Edition-Medien (ZenMEM)

Kompetenzzentrum im Bereich der Digital Humanities bereits im fünften Jahr

Das Verbundprojekt „Zentrum Musik–Edition–Medien“ ist ein Zusammenschluss von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen der Universität Paderborn, der Hochschule für Musik Detmold und der Hochschule Ostwestfalen-Lippe. Das Zentrum wurde im Rahmen des Förderprogramms zur Einrichtung von „eHumanities Zentren“ durch das BMBF bereits im September 2014 ins Leben gerufen und 2017 nochmals um zwei Jahre verlängert, um den Übergang in einen dauerhaften Betrieb zu ermöglichen.

Ziele des Zentrums sind die Förderung der Anwendung digitaler Methoden, die Beratung und Unterstützung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Disziplinen, der Aufbau entsprechender digitaler Ressourcen sowie die (Weiter-)Entwicklung einschlägiger Werkzeuge. Seinen besonderen Schwerpunkt hat das Zentrum auf dem Gebiet nicht-textueller bzw. hybrider Objekte, die zwar als digitale Abbilder prozessierbar sind, das zugrunde liegende musikhistorische Objekt aber immer noch implizieren.

Auf der Basis der Erfahrungen innerhalb der ersten Projektphase (2014–2017) sollen in der zweijährigen Übergangsphase (2017–2019) die Strukturen des ZenMEM als nationaler Forschungsverbund mit Infrastrukturangeboten für den Bereich „Musik–Edition–Medien“ dauerhaft ausgebaut und somit die Kooperationen mit in- und externen Forschungsvorhaben auf eine sichere Basis gestellt werden. Zugleich wird der bisher auf den Gegenstand Musikedition bezogene Schwerpunkt des ZenMEM sukzessive in den Bereich Musik/Medien erweitert, wobei ein Fokus auf kreativ-künstlerische Prozesse und deren Ergebnisse sowie die damit verbundenen Probleme eines Zugriffs im Kontext digitaler Bearbeitungen der Artefakte erhalten bleibt.

Schwerpunkt der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ in der zweiten Projektphase ist z. B. die Untersuchung einer ko-aktiven (Nach-)Nutzung digitaler Musikeditionen im Spannungsfeld zwischen Abgeschlossenheit und Offenheit sowie die damit einhergehenden technischen, rechtlichen und sozialen Implikationen, wie bspw. Autorschaft, Berechtigung, Revisionsicherheit, Referenzierung und Versionierung. In der ersten Projektphase wurde deutlich, dass ein solches Vorhaben als ein komplexes, sozio-technisches System verstanden werden muss. Neben den rein technischen Anforderungen an eine Arbeitsumgebung im Bereich digitaler Musik- und

Medieneditionen spielen Anforderungen und Bedürfnisse von Editoren, Nutzern und Institutionen wie Verlagen, Archiven und Bibliotheken außerhalb dieses technischen Rahmens eine bedeutende Rolle. Hier gilt es nun, entsprechende Design- und Interessenkonflikte zu identifizieren, mithilfe geeigneter Systematiken zu analysieren und durch innovative Konzepte auszutarieren. Langfristig sollen daraus kombinierte Lösungsansätze abgeleitet werden, die dafür Sorge tragen, dass sich trotz der zum Teil konträren Anforderungen aus unterschiedlichen Richtungen, alltagstaugliche Editionsinfrastrukturen entwickeln und betreiben lassen.



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



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen: 01UG1714A–B

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



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

## Music-Edition-Media centre (ZenMEM)

Competence centre in the field of Digital Humanities already in its fifth year

The joint project “Music–Edition–Media Centre” is an association of scientists from Paderborn University, the Hochschule für Musik Detmold and the Hochschule Ostwestfalen-Lippe. The Centre was established by the Federal Ministry of Education and Research in September 2014 as part of the funding programme for the establishment of “eHumanities Centres” and was extended by two more years in 2017 to enable the transition to permanent operation.

The Centre’s goals are to promote the application of digital methods, to advise and support scientists from various disciplines, to establish and organise corresponding digital resources, and to develop relevant tools. The Centre has a special focus on non-textual and hybrid objects that can be processed as digital images but still imply the underlying music-historical object.

On the basis of experiences gained during the first project phase (2014–2017), the structures of ZenMEM as a national research network with infrastructure offers in the field of “Music–Edition–Media” are to be permanently expanded during the two-year transition phase (2017–2019), thus providing a secure basis for cooperation with internal and external research projects. At the same time, the ZenMEM’s focus on music/media, with a focus on creative-artistic processes and their results, as well as the associated problems of access in the context of digital processing of artefacts.

A future field of research of the “Contextual Informatics” workgroup within the second project phase is, for example, the investigation of a co-active (re-)use of digital music editions in the area of the tension between the seclusion and openness of editions as well as the associated technical, legal and social implications, such as authorship, authorisation, revision safety, referencing and versioning. In the first project phase, it became clear that such a project must be understood as a complex socio-technical system. In addition to the purely technical requirements for a working environment in the field of digital music and media editions, the requirements and needs of editors, users and institutions such as publishers, archives and libraries outside this technical point of view play an important role. The aim here is to identify conflicts of design and interest, analyse them with the help of suitable systematics and balance them through innovative concepts. In the long term, combined solutions should be derived from this

to ensure that, despite the sometimes contradictory requirements from different directions, it will be possible to develop and operate edition infrastructures suitable for everyday use.



Multi-Touch und Stifteingabe zur einfachen Annotation von Takten in einem Autograph.  
Multi-touch and pen interface for easy measure annotation in an autograph.



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



Supported by: Federal Ministry for Education and Research (BMBF), Funding code: 01UG1714A–B

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

## Mobile virtuelle Lernräume (Movile)

### Unterstützung junger Menschen mit schweren Erkrankungen

Damit junge Menschen mit schweren Erkrankungen ihre Rechte auf Chancengleichheit und Schulbildung wahrnehmen können, ist eine geeignete Unterstützung erforderlich. Die Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“ ist einer der Partner im EU-Projekt „Mobile virtuelle Lernräume zur individuellen Unterstützung von jungen Menschen mit schweren Erkrankungen“. Das ursprünglich auf zwei Jahre angelegte Projekt wurde bis März 2019 verlängert.

In dem Projekt erarbeiten die Schulen der v. Bodelschwingschen Stiftungen Bethel und die Heilstättenschule Linz, die Private Pädagogische Hochschule Linz sowie die Universität Paderborn Methoden der Betreuung von Schülerinnen und Schülern für die spezifischen Einsatzkontexte der beteiligten Schulen. Im Kern des Projekts steht dabei der Austausch von Kompetenzen und Erfahrungen bei der Betreuung von Kindern und Jugendlichen mit schweren Erkrankungen und langfristigen Krankenhausaufenthalten. Ziel der Unterstützung ist es, Nachteile junger Menschen mit schweren Erkrankungen zu reduzieren und auszugleichen, indem ihnen ermöglicht wird, ihre schulische und berufliche Ausbildung weiterzuführen und für ihre weitere Entwicklung relevante Kompetenzen zu erwerben.

In den beiden Partnerregionen in Österreich und Deutschland liegen weitreichende Erfahrungen und umfassende Kompetenzen im Bereich der zielgruppenspezifischen Didaktik, der Gestaltung und Umsetzung von Curricula sowie der Nutzung digitaler Medien zur Erreichung dieser Ziele vor. Der innovative Einsatz digitaler Medien spielt in dem Projekt eine entscheidende Rolle, denn im Regierungsbezirk Detmold sowie in der Bildungsregion Linz wurden fortgeschrittene Angebote mit besonderen pädagogischen Konzepten und speziell auf diesen Kontext zugeschnittenen Web-Anwendungen realisiert.

Auf technischer Seite wird die Unterstützung der Schülerinnen und Schüler durch den am Heinz Nixdorf Institut entwickelten mobilen kooperativen Schreibtisch (MokoDesk) realisiert. Dieser ist ein virtueller Lernraum, der online-gestützte Lern- und Arbeitsformen ermöglicht. Er wurde mit dem E-Learning Award 2014 in der Kategorie „Learning Communities“ ausgezeichnet. Mit ihm können einzelne Lerner ebenso wie Lerngruppen betreut werden und so Schülerinnen und Schüler mit Erkrankungen individuell gefördert und unterstützt werden. Der MokoDesk wurde im Rahmen des Projekts von Grund auf neu entwickelt, sodass er nun auch mit Mobilgeräten wie Tablets

oder gar Handys genutzt werden kann. Bei der im September im Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn abgehaltenen Fachtagung „Movile – Mobile virtuelle Lernräume“ konnte der MokoDesk erstmals von einer größeren Gruppe von Nutzern getestet werden.

Mithilfe dieser technischen Unterstützungsmöglichkeiten soll es den jungen Menschen ermöglicht werden, sich auch unter erschwerten persönlichen Bedingungen in die Gesellschaft zu integrieren und an ihr teilzuhaben. Dazu soll insbesondere die Qualität ihrer Schulbildung gesteigert werden, sodass sie einen Schulabschluss erreichen können. Die Ergebnisse des Best-Practice-Austauschs können ebenso wie der MokoDesk zukünftig auch für weitere Zielgruppen genutzt werden.



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



Gefördert durch: Programm Erasmus+ der Europäischen Union  
Projektpartner: v. Bodelschwingsche Stiftungen Bethel, Landesschulrat für Oberösterreich, Bezirksregierung Detmold, Heilstättenschule Linz, Dothanschule Bielefeld-Bethel (Schule für Kranke), Private Pädagogische Hochschule der Diözese Linz, Bildungsnetz Förderung: Individuell e.V.



[www.movile.info](http://www.movile.info)

## Mobile Virtual Learning Spaces (Movile)

### Supporting Young People With Severe Illnesses

To grant young people with severe illnesses their rights to equal opportunities and school education, they need to be supported appropriately. The “Contextual Informatics” workgroup is a partner in the project “Mobile Virtual Learning Spaces for the Individual Support of Young People With Severe Illnesses” funded by the European Union. The project that was originally planned to run for two years has now been extended until March 2019.

In the project, schools of the v. Bodelschwings Foundation Bethel and the hospital school Heilstättenschule Linz as well as the Private University College of Education of the Diocese Linz and Paderborn University develop methods to support students in the specific context of the different schools. The main aspect of the project is an exchange of experiences and competences between the partners on how to best cater for children and adolescents with severe illnesses who need to stay in hospitals for longer periods of time. By supporting these young people, the project helps reducing and compensating disadvantages by allowing the students to continue their education in school or their vocational training and acquiring competences relevant to their further development.



Der MokoDesk wurde auf der IKT-Tagung in Linz einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.  
MokoDesk was presented to a larger community at the IKT Conference in Linz.

In both partner regions in Austria and Germany, there is significant experience and extensive competence in the field of target-specific didactics, in how to design and implement curricula, and in how to use digital media to achieve these goals. The innovative use of digital media plays a decisive role here, with advanced solutions having been put into practice in the Regional District Detmold as well as in the Education Region Linz, implementing particular pedagogical concepts and web-based applications tailored to this specific context.

Technologically, the students are supported by the mobile cooperative desktop (MokoDesk) developed at the Heinz Nixdorf Institute. This is a virtual learning space that allows different forms of online learning and working. The web-based application – which was awarded the e-Learning Award 2014 in the category of “Learning Communities” – enables teachers to teach learners individually or in small groups and thus allows to facilitate and support learning for students with severe illnesses. The MokoDesk has been completely redeveloped within the project so that it now can also be used with mobile devices such as tablets or even smartphones. At the expert conference “Movile – Mobile virtual learning spaces”, held in September in the Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn, a larger number of users was able to test the MokoDesk for the first time.

By employing these means of technological support, young people are to be enabled to integrate themselves into and participate in society given their difficult personal circumstances. One important aspect here is to increase the quality of their education to allow them to achieve a school degree as good as possible. The results of this exchange of best practices as well as the MokoDesk will be made available to other target groups in the future.



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



Supported by: Erasmus+ Programme of the European Union  
Project partner: v. Bodelschwings Foundation Bethel, Landesschulrat für Oberösterreich, District Government Detmold, Heilstättenschule Linz, Dothanschule Bielefeld-Bethel (Schule für Kranke), Private University College of Education of the Diocese Linz, Bildungsnetz Förderung: Individuell e.V.



[www.movile.info](http://www.movile.info)



---

## Andreas Oberhoff

Dipl.-Inform.  
Kontextuelle Informatik

---

Ich bin wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Kontextuelle Informatik“. Schwerpunkte meiner Forschungsarbeit sind die Konzeption und Entwicklung kooperativer, virtueller Arbeitsumgebungen und Infrastrukturen im Bereich E-Learning und E-Science. In mehreren Forschungsprojekten mit unterschiedlichen Partnern aus Industrie und universitärer Forschung konnte ich meine Ideen und Visionen zur virtuellen Wissensarbeit in der Praxis umsetzen und immer auch neue Erkenntnisse daraus ableiten. Die Neigung zur Informatik wurde bereits in meiner Schulzeit geprägt. Generell interessierten mich damals immer schon die naturwissenschaftlichen Fächer mit Abstand am meisten. Aber erst ein Ferienjob, in dem auch Programmierarbeit zu leisten war, entfachte die Faszination für die Informatik und den Drang, die genaue Funktionsweise und Programmierung von Computern zu verstehen. So studierte ich nach dem Abitur dann auch Informatik in Paderborn.

Im näheren Kontakt zur Fachgruppe von Professor Keil kam ich durch die Ausschreibung einer interessanten Bachelor-Arbeit zum Thema virtueller Wissensräume. Danach folgte eine Tätigkeit als studentische Hilfskraft und im Anschluss schrieb ich ebenfalls meine Diplomarbeit dort, in deren Rahmen ich ein Framework zum Aufbau kooperativer Arbeitsumgebungen entwickelte. Als dann nach dem Studium die Möglichkeit bestand, eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Professor Keil zu übernehmen, zögerte ich nicht lange. Mein erstes Projekt war in Kooperation mit der Daimler AG in Stuttgart. Hier sollten komplexe Produktentstehungsprozessmodelle mit einer innovativen Arbeitsumgebung kooperativ explorier- und editierbar gemacht werden. In einem weiteren Projekt mit dem UNESCO Kompetenzzentrum ging es darum, den Erhalt des kulturellen Erbes mit digitalen Techniken zu unterstützen. Aktuell arbeite ich im Zentrumsprojekt „Musik – Edition – Medien“. Ziel des Zentrums sind die Konzeption, Modellierung und softwaretechnische Unterstützung digitaler Musik-/Medien-Editionen sowie die Vermittlung entsprechender Kompetenzen und Methoden.

Die Arbeit mit Projektpartnern aus unterschiedlichsten Bereichen und auch die interdisziplinäre Arbeit innerhalb von Projekten ist eine besondere Erfahrung, die mich bis jetzt in meiner Zeit am Heinz Nixdorf Institut begleitet hat. Und genau in dieser Interdisziplinarität sehe ich auch in unserem Forschungsbereich in Zukunft große Herausforderungen, aber auch innovative Möglichkeiten, einen Beitrag bei der Gestaltung und Unterstützung von Wissensarbeitsplätzen zu leisten.

---

## Andreas Oberhoff

Dipl.-Inform.  
Contextual Informatics

---

I am a research assistant in the “Contextual informatics” workgroup. My research focuses mainly on the design and development of cooperative virtual work environments and infrastructures in the fields of e-learning and e-science. I worked on various research projects with different partners from the industry and in the academic field. This is where I was able to implement my ideas and visions on virtual knowledge work and where I derived new insights. I was drawn to computer science from an early age. Already at school, I was generally more interested in science related subjects. A summer job which introduced me to programming ignited my fascination for computer science and made me curious about understanding the exact function and programming of computers. Thus, I studied computer science at Paderborn University.

A bachelor’s degree thesis offered on virtual knowledge spaces brought me in closer contact to the workgroup of Professor Keil. After that, I worked as a student assistant and wrote my diploma thesis in which I created a framework for the development of cooperative work environments. I did not hesitate when a vacancy as a research assistant of Professor Keil came up. My first project was conducted in cooperation with Daimler in Stuttgart. The project focused on making complex models of product engineering processes cooperatively explorable and editable with the help and use of an innovative work environment. Another project with the UNESCO Competence Centre focused on supporting the preservation of cultural heritage with digital technology. Currently, I am working on the centre project “Music – Edition – Media”. The aim of the centre is the conception, modelling and software-technical support of digital music/media editions as well as the teaching of corresponding competences and methods.

Working with partners from different areas and the interdisciplinary work within the projects are a special experience that accompanies me up until now at the Heinz Nixdorf Institute. The interdisciplinarity in our research is where I see future challenges, but also innovative possibilities to contribute to the design and support of virtual environments for knowledge work.

»» Gestalten heißt, Konflikte lösen. ««

»» Designing is solving conflicts. ««

## Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (seit Juli 2018 DMMP Gruppe, Universität Twente)

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

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

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



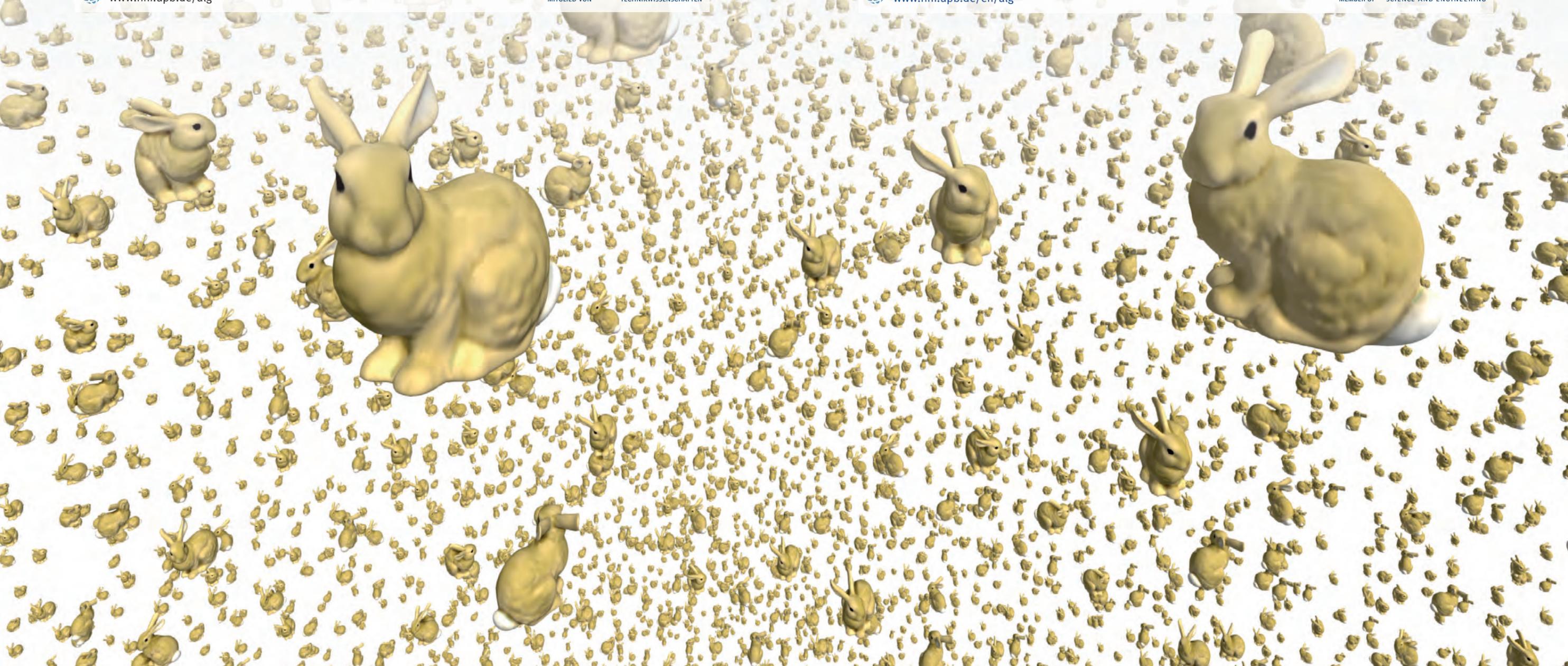
## High Performance = Innovative Computer Systems + Efficient Algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (since July 2018 DMMP group, University of Twente)

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 5251 | 60 64 80

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



## Fachgruppe Algorithmen und Komplexität

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

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

### Ressourcenmanagement und Scheduling

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

### Dynamische Datenströme

Datenströme entstehen in einer Vielzahl von Anwendungen, z. B. physikalischen Experimenten oder Sensornetzen. Die Herausforderung besteht darin, mit der enormen Datenmenge fertig zu werden, die von den Geräten erzeugt wird. Typischerweise sind die Datenströme zu groß und kommen zu schnell an, um vollständig über ein Netzwerk zu einem zentralen Server gesendet und in Echtzeit verarbeitet zu werden. Wir erforschen die Grundlagen für das Design und die Analyse von verteilten Algorithmen, die nützliche Informationen aus den Streams mit begrenzten Ressourcen wie Speicher, Kommunikationsvolumen und Rechenzeit extrahieren.

### Computergrafik: Echtzeit-Navigation in komplexen 3D-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 Betrachtungsposition und -richtung des Betrachters. Wir testen unsere Ansätze in Anwendungen von Fahrerassistenzsystemen gemeinsam mit Partnern am Heinz Nixdorf Institut.

### 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 angewendet und untersucht.

### Algorithmische Spieltheorie

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

## 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 and Scheduling

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

### Dynamic data streams

Data streams are generated in a variety of applications, e.g. physical experiments or sensor networks. The challenge is to cope with the enormous amount of data generated by these devices. Typically, the data streams are too large and arrive too quickly to be sent completely over a network to a central server and processed in real time. We explore the fundamentals for the design and analysis of distributed algorithms that extract useful information from streams with limited resources such as memory, communication volume and computing time.

### 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. We test our approaches in applications of driver assistance systems together with partners at the Heinz Nixdorf Institute.

### 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.

### Algorithmic Game Theory

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

## Ressourcenmanagement und Scheduling

Ressourcenmanagement spielt eine wichtige Rolle beim Betreiben von Rechenzentren, wie wir sie im SFB 901 betrachten. Unsere Forschung in diesem Bereich beschäftigt sich sowohl mit dem Scheduling von Jobs auf heterogener und rekonfigurierbarer Hardware als auch mit der effizienten Speicherverwaltung von Servern in dynamischen Umgebungen.

### Dynamische Speicherverwaltung

Eine in der Literatur populäre BinPacking-Variante modelliert das Speichern von Daten auf mehreren Speichermedien oder Servern. In dieser volldynamischen Variante werden Items über die Zeit hinzugefügt oder gelöscht, und die Aufgabe des Algorithmus ist es, die Anzahl genutzter Bins (hier: Server) zu minimieren. Dabei darf in jedem Zeitschritt höchstens eine konstante Anzahl an Items zwischen Servern bewegt werden.

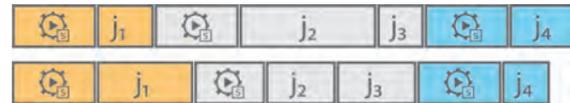
Für dieses Problem war eine untere Schranke von ca. 1,38 für den asymptotischen Approximationsfaktor bekannt. Wir konnten den ersten Algorithmus konstruieren, der einen konstanten Approximationsfaktor für dieses Problem erreicht. Unser Ergebnis entspricht genau der unteren Schranke, sodass dieses Problem nun vollständig gelöst ist. Unsere Schranke ist ebenfalls scharf für ein einfacheres Problem, in welchem Items lediglich hinzugefügt und nicht gelöscht werden, sodass wir hier alle bisher bekannten Ergebnisse verbessern konnten.

### Scheduling von heterogenen, rekonfigurierbaren Maschinen

Moderne Rechenzentren bestehen aus Hunderten von Servern und Ausführungseinheiten. Diese Ausführungseinheiten können dabei äußerst heterogen sein, beispielsweise aufgrund der Existenz von Prozessoren unterschiedlicher Generationen mit unterschiedlichen Fähigkeiten (Geschwindigkeit, Speicher) oder aufgrund von spezialisierter Hardware für unterschiedliche Arten von Aufgaben wie beispielsweise CPUs, GPUs oder rekonfigurierbare Einheiten wie FPGAs. Die Verwaltung dieser Ressourcen für eine effektive Benutzung und Ausnutzung der Möglichkeiten erfordert gut durchdachte Schedulingstrategien.

Wir haben ein einfaches Modell entwickelt, das die Aspekte Heterogenität und Rekonfigurierbarkeit betrachtet: Jobs unterschiedlicher Typen müssen auf parallelen Maschinen abgearbeitet werden mit dem Ziel, die Länge des Schedules zu

minimieren. Wann immer eine Maschine zwischen Jobs unterschiedlicher Typen wechselt, muss ein Setup für die Rekonfiguration ausgeführt werden. Für dieses NP-schwere Problem haben wir Algorithmen vorgeschlagen und analysiert, die optimale Approximationsfaktoren beliebig nah an 1 für Maschinen mit festen Geschwindigkeiten und  $O(\log n)$  für beliebig heterogene Maschinen erreichen.



Ein Job kann unterschiedliche Längen haben je nachdem, ob er auf der oberen oder unteren Maschine abgearbeitet wird.  
A job can have different lengths depending on whether it is processed on the upper or lower machine.

 **Björn Feldkord, M.Sc.**  
E-Mail: [Bjoern.Feldkord@hni.upb.de](mailto:Bjoern.Feldkord@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 33

 **Alexander Mäcker, M.Sc.**  
E-Mail: [Alexander.Maecker@hni.upb.de](mailto:Alexander.Maecker@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 28

 Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“ Teilprojekte A1, C4

 [www.hni.upb.de/alg/projekte/sfb901](http://www.hni.upb.de/alg/projekte/sfb901)

## Resource Management and Scheduling

Resource management plays an important role when operating computing centres as we envision them within the CRC 901. Our current research in this area deals with the scheduling of jobs on highly heterogeneous and reconfigurable hardware as well as efficient memory management for servers in dynamic environments.

### Dynamic Memory Management

A popular BinPacking Variant in the literature models the dynamic storing of data on multiple storage units or servers. In this fully dynamic variant, items are inserted or deleted over time, and an algorithm needs to minimise the number of used storage units. In order to achieve this, the algorithm may move at most a constant number of items between bins in each time step.

For this problem, a lower bound of roughly 1.38 was known for the asymptotic approximation factor. We developed the first constant-factor approximation algorithm for this problem and achieve an optimal factor equal to the lower bound. This bound also is tight for a simpler variant of the problem, in which items are only inserted but never removed and, therefore, we also improved all of the known results for that problem.

### Scheduling Heterogeneous, Reconfigurable Machines

Modern computing centres consist of hundreds of servers and processing units. These processing units can be highly heterogeneous, for example, because of the existence of processors from different generations with different capabilities and configurations (speed, storage, memory); or because of the specialisation of hardware for different kinds of workloads such as CPUs, GPUs or reconfigurable units like FPGAs. Managing the effective use and exploiting the potential of such heterogeneous resources requires sophisticated scheduling algorithms.

We have developed a simple model that addresses the aspect of heterogeneity as well as the one of reconfigurability: Jobs of different types need to be processed on parallel machines so as to minimise the completion time. Whenever a machine switches from processing jobs of one type to jobs of a different type, a setup for reconfiguration needs to take place. For this NP-hard problem, we propose and analyse algorithms achieving optimal approximation factors arbitrarily close to 1 for machines of different, fixed speeds and  $O(\log n)$  for arbitrarily heterogeneous machines.

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

 **Alexander Mäcker, M.Sc.**  
E-mail: [Alexander.Maecker@hni.upb.de](mailto:Alexander.Maecker@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 28

 Supported by: DFB Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly-Computing”, subprojects A1, C4

 [www.hni.upb.de/en/alg/projects/sfb901](http://www.hni.upb.de/en/alg/projects/sfb901)

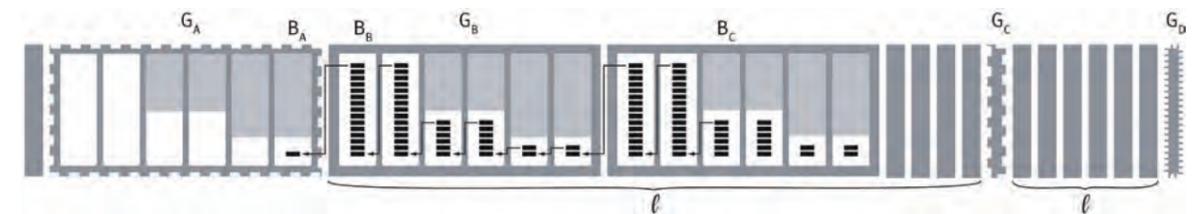


Illustration des Algorithmus für kleine Items: Die Items sind der Größe nach sortiert. Um die Ordnung beim Hinzufügen von neuen Items aufrecht zu erhalten, werden die Items bis zum nächsten Buffer weiter geschoben. Eine Entfernung von maximal  $l$  Gruppen zwischen Buffern wird durch das Einfügen neuer Buffer gewährleistet.

Illustration of the algorithm for small items: Items are ordered decreasingly by size. In order to uphold the ordering, the items are pushed towards the next buffer. To guarantee a maximum length of  $l$  between two buffers, a new buffer is placed accordingly.

## Algorithmen für verteilte dynamische Datenströme

Big Data: Sublineare Algorithmen zur Verarbeitung von großen Datenmengen

Große Netzwerke, die große Mengen an Daten generieren, sind zentrale Themen des modernen Rechnens. Der Fokus unserer Forschung liegt darauf, die verteilten Datenströme unmittelbar bei ihrer Erzeugung auszuwerten.

### Forschungskontext und Ergebnisse

Die Verarbeitung von großen Datenmengen in Form von verteilten dynamischen Datenströmen hat sowohl in der Forschung als auch in der Praxis große Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Anwendungsbereiche erschließen sich von physikalischen Experimenten über Sensornetze bis Network Monitoring zu Data Warehousing. Diese Bereiche stellen Situationen dar, in denen von mehreren Teilnehmern kontinuierliche Datenströme generiert werden (wie z. B. Geschwindigkeit, Temperatur oder Workload), von denen die  $k$ -Teilnehmer mit den höchsten Werten identifiziert werden sollen. Dieses wird durch einen Server erreicht, der das Wissen über die top- $k$  Teilnehmer verwaltet. Naturgemäß ändern sich die Datenströme über die Zeit und stellen insgesamt ein extrem großes Datenvolumen dar. Folglich ist es nicht möglich und auch nicht notwendig, dem Server jede Änderung des Systems zuzusenden. Stattdessen beschäftigen wir uns mit Strategien, die eine lokale Aggregation der Werte verteilt im Netzwerk durchführen und damit die Kommunikationskosten verringern. Hierbei haben wir Algorithmen entwickelt und analysiert, welche die  $k$ -größten Werte kontinuierlich identifizieren. Unsere Algorithmen benötigen insbesondere nur geringfügig höheren Kommunikationsaufwand im Vergleich zu Strategien mit Wissen über den weiteren Verlauf der Datenströme. Insbesondere erlauben sie durch einen parametrisierten Fehler, den Kommunikationsaufwand weiter zu reduzieren, sodass eine effiziente Ausführung bei einer Vielzahl von unterschiedlichen Situationen ermöglicht wird.

### Eine umfassende Analyse

In dem Projekt Distributed Data Streams in Dynamic Environments (DisDaS) befassen wir uns insbesondere mit der Entwicklung und Analyse von Algorithmen zur Aggregation von Daten, die aus vielen, potenziell dynamisch veränderlichen Datenquellen stammen. In der neuen Förderperiode wird ein



besonderer Fokus auf die sogenannte „Geglättete Analyse“ (engl. smoothed analysis) gelegt. Häufig ist eine Diskrepanz zwischen einer formalen Worst-case-Analyse und einer empirischen Analyse in der Praxis zu erkennen, die ebenfalls durch eine (zu optimistische) Average-case-Analyse nicht erfasst wird. Deklariertes Ziel ist es, eine realistischere Analyse anzuwenden, die den praktischen Einsatz der Algorithmen beschreibt, die sämtliche Fälle abdecken kann, von einer „klassischen“ worst-case bis hin zu einer Average-case-Analyse.

**Manuel Malatyali, M.Sc.**  
E-Mail: Manuel.Malatyali@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 69

Gefördert durch: DFG Projekt: „Distributed Data Streams in Dynamic Environments“ (DisDaS)

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

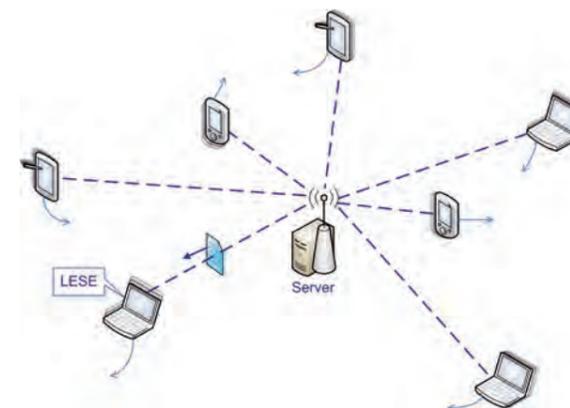
## Algorithms for Dynamic Distributed Data Streams

Big Data: Sublinear Algorithms for Processing Large Data Sets

Large networks that generate large amounts of data are central topics of modern computing. The focus of our research is to evaluate the distributed data streams immediately during their generation.

### Context and Contribution

The processing of large amounts of data in the form of distributed dynamic data streams has attracted great attention both in research and in practice. Applications range from physical experiments and sensor networks to network monitoring and data warehousing. These areas represent situations in which several devices generate continuous data streams (e.g. speed, temperature or workload) from which the  $k$  devices with the highest values are to be identified. This is achieved by a server that manages the knowledge about the top- $k$  participants. Naturally, the data streams change over time and represent an extremely large data volume. Consequently, it is not possible and not necessary to send the server every change of the system. Instead, we deal with strategies that perform a local aggregation of the values distributed in the network and thus reduce the communication costs. We have developed and analysed algorithms that continuously identify the  $k$  largest values. In particular, our algorithms require only slightly more communication costs compared to strategies with knowledge of the further course of the data streams. In particular, they allow a parameterised error to further reduce the communication effort, enabling efficient execution in a variety of different situations.



### A mighty approach

We are particularly concerned with the development and analysis of algorithms for aggregating data from many potentially dynamically changing data sources. In the new funding period, a special focus will be placed on smoothed analysis. Often a discrepancy between a formal worst-case analysis and an empirical analysis can be detected in practice, which is also not covered by a (too optimistic) average-case analysis. The declared goal is to apply a more realistic analysis that describes the practical use of algorithms that can cover all cases, from a “classic” worst-case analysis to an average-case analysis.

**Manuel Malatyali, M.Sc.**  
E-mail: Manuel.Malatyali@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 69

Supported by: DFG project: “Distributed Data Streams in Dynamic Environments” (DisDaS)

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

## Algorithmen für Computergrafik

### Sichtpunktabhängiges Punkte-Rendering für große Objekte

In 3D unterstützten Simulations- und Testumgebungen navigiert man interaktiv in hochkomplexen 3D-Szenen, die teilweise zur Laufzeit erst erzeugt werden. Zur Darstellung solcher 3D-Szenen in Echtzeit entwerfen wir Renderingalgorithmen, die die verarbeitende Datenmenge zur Laufzeit so stark verringern, dass eine Navigation möglich ist.

Für die Echtzeit-Darstellung virtueller komplexer Welten werden Punktwolken verwendet, um sehr weit entfernte komplexe Objekte approximativ darzustellen. Die Bildqualität ist vergleichbar gut mit der Bildqualität von Objekten, die mit den originalen Dreiecken des 3D-Modells gerendert wurden. Da Punktwolken mit wenigen Punkten schneller darzustellen sind als die vielen Dreiecke eines komplexen Objektes, wird das Rendering durch Punktwolken beschleunigt. Die Bildqualität hängt jedoch von der Größe und Anzahl der verwendeten Punkte ab. Viele kleine Punkte verbessern die Bildqualität, sie erhöhen aber die Laufzeit zur Darstellung der Objekte. Wir haben Techniken entwickelt, um mit wenigen Punkten eine hohe Bildqualität zu erzielen.

#### Culling in Punktwolken

Die Darstellung komplexer Objekte mit Punktwolken wird ineffizient, sobald die zu approximierenden Objekte oder räumliche Bereiche in den drei räumlichen Dimensionen größer sind, z. B. ein Flugzeug (Objekt) oder eine Stadt (räumlicher Bereich). Das liegt daran, dass bisherige Verfahren die Punkte gleichmäßig über das Objekt verteilen und alle Punkte gleichermaßen zur Darstellung verwenden. Die Anzahl der Punkte der Punktwolke hängt nur vom Abstand des Betrachters zum Objekt ab. Wir haben ein Verfahren entwickelt, das die Punkte einer Punktwolke eines Objektes so in einer Liste organisiert, dass, abhängig vom Standpunkt des Betrachters, die zum Rendering verwendeten Punkte der Punktwolke ungleichmäßig auf dem Objekt verteilt sind. In einer Art Punkte Culling werden Teile des Objektes, etwa ein Flugzeug, die weiter entfernt sind (z. B. Seitenleitwerk), mit weniger Punkten dargestellt als Teile des Objektes (z. B. Cockpit), die einem Besucher, der z. B. vor dem

Flugzeug steht, näher sind. Dazu wird der Ort der Punkte auf der Oberfläche des Objektes berechnet und Punkte auf weit entfernten Objektteilen werden verworfen und nicht dargestellt (Culling), wenn die Punktedichte der Punktwolke für eine gute approximative Darstellung gut ist.

#### Punkteberechnung auf dem Grafikprozessor (GPU)

Das Problem der Ineffizienz der Punktedarstellung großer Objekte und großer räumlicher Bereiche tritt besonders bei der Konstruktion räumlicher Datenstrukturen auf. Bedingt durch die Hierarchie werden die räumlichen Bereiche auf höheren Ebenen immer größer. Hier entwickeln wir Verfahren, die die räumlichen Bereiche auf höheren Ebenen dynamisch zur Laufzeit berechnen. Die Berechnung der Punkte erfolgt auf der Grafikkarte mit dem Grafikprozessor und bietet damit nicht nur den Vorteil der Berechnung durch den schnellen Grafikprozessor, sondern erlaubt auch die Berechnung der Punkte standpunktabhängig durchzuführen. Damit kommen wir mit weniger Punkten aus als bei einer Berechnung für beliebige Standpunkte.

 **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

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



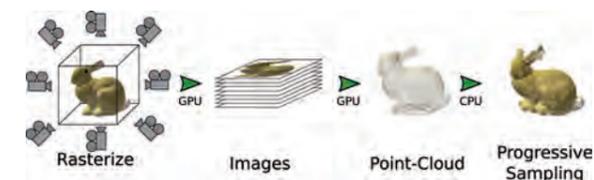
Approximation durch Punkte  
Approximation by points

## Algorithms for Computer Graphics

### Viewpoint-dependent Point Rendering for Large Objects

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 in such a way that fluent navigation is possible.

For the real-time rendering of virtual complex worlds point clouds are used to approximate very distant complex objects. The image quality is comparable to the image quality of objects rendered with the original triangles of the 3D model. Since point clouds with few points can be displayed faster than the many triangles of a complex object, the rendering is accelerated by point clouds. However, image quality depends on the size and number of points used. Many small points improve the image quality, but they increase the time taken to render the objects. We have developed techniques to achieve high image quality with only a few points.



Pipeline zur Approximation komplexer Objekte  
Pipeline for the approximation of complex objects

#### Culling in point clouds

The rendering of complex objects with point clouds becomes inefficient as soon as the objects or spatial areas to be approximated are larger in the three spatial dimensions, e.g. an aircraft (object) or a city (spatial area). This is due to the traditional method of distributing the points evenly over the object and using all points equally for rendering. The number of points in the point cloud depends only on the distance between the observer and the object. We have developed a method that organises the points of a point cloud of an object in a list so that, depending on the viewer's point of view, the points of the point cloud used for rendering are distributed unevenly over the object. In a kind of point culling, parts of the object, e.g. an aircraft that are further away (e.g. fin) are displayed with fewer points than parts of the object (e.g. cockpit) that are closer to a visitor standing in front of the aircraft. For this purpose, the location of the points on the surface of the object is com-

puted and points on distant object parts are discarded and not rendered (culling) if the point density of the point cloud is good for a good approximative rendering.

#### Computing points on the graphics processor (GPU)

The problem of the inefficiency of point rendering of large objects and large spatial areas occurs particularly in the construction of spatial data structures. Due to the hierarchy, the spatial areas at higher levels become larger and larger. Here, we develop methods that dynamically compute the spatial areas on higher levels at runtime. The computation of the points takes place on the graphic card with the graphic processor and offers thereby not only the advantage of the computation by the fast graphic processor, but permits also the computation of the points position-dependently to accomplish. This allows us to get by with fewer points than with a computation for arbitrary viewpoints.



Virtuelle 3D-Welt  
Virtual 3D world

 **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

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

## Networking einmal anders: Krisenhilfe in der Smartphone-Ära

Wie Netzwerke zwischen Smartphones im Katastrophenfall helfen können, die Bevölkerung zu schützen

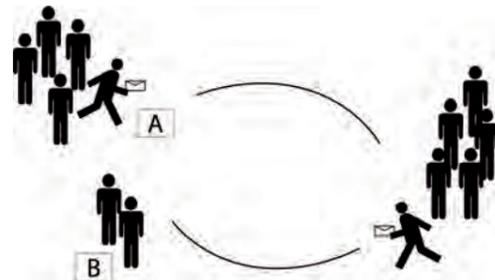
Im BMBF-geförderten Projekt RESIBES (RESilienz durch Helfernetzwerke zur BEwältigung von KriSen und Katastrophen) wird die Zukunft des Katastrophenschutzes im Zeitalter ungebundener Helfer erforscht. Die Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“ unterstützt diese Arbeit mit der Entwicklung einer Smartphone-App 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 selbst organisiert gewesen. Um dieses Potential 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 auch 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 dieser Alternative, einem Ad-Hoc-Netzwerk mit den Smartphones der Helfer, arbeitet die Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“ in dem Projekt.

Ein wesentlicher Teil der Arbeit besteht in der Entwicklung einer Smartphone-App für das Projekt. Zu dieser App liefern wir eine Kommunikationsschicht, die die Nachrichten von einem Gerät zum anderen weiterleitet und es so ermöglicht, dass sowohl Helfer untereinander als auch Helfer und die Leitstelle kommunizieren können. Eine große Herausforderung sind dabei die Beschränkungen handelsüblicher Smartphones. Diese sind nicht für einen solchen Betrieb konzipiert und wir haben mit viel Aufwand die grundsätzliche Möglichkeit von Verbindungen zwischen Geräten erforscht. Die App wurde in diesem Jahr auf zwei groß angelegten Feldversuchen in Frankfurt getestet, zuletzt während des Frankfurter Marathons, wo wir zeigen konnten, dass Daten so auch über große Strecken verteilt werden können.

Zusätzlich erarbeiten wir auch theoretische Fragestellungen, die sich auf die besonderen Problemstellungen solcher Netze beziehen: So ist es hier keinesfalls gegeben, dass alle Geräte immer in Funkreichweite sind und somit zuverlässige Verbindungen bestehen. Oft müssen auch Daten zwischen getrennten Gruppen ausgetauscht werden. Diese Daten können auf den Smartphones von Teilnehmern, durch deren Mobilität, weitergetragen werden. Wir sind in einer aktuellen Veröffentlichung der Frage nachgegangen, wie Helfer, die an einen Ort wie zum Beispiel ihr Zuhause gebunden sind, sich bei extremen Bedingungen bewegen müssen, um einen zuverlässigen Nachrichtenaustausch zu gewährleisten.



Personen fungieren als Nachrichtenträger zwischen getrennten Gruppen. Dadurch können auch über große Distanzen Nachrichten übertragen werden. People carrying messages between separated groups, allowing the delivery also over long distances.

 **Dr. Matthias Fischer**  
E-Mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 66

 **Johannes Schäfer, M.Sc.**  
E-Mail: Johannes.Schaefer@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 20

 Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektpartner: Atos Information Technology, C-LAB Universität Paderborn, Deutsches Rotes Kreuz, Albert-Ludwigs Universität Freiburg im Breisgau, mainis IT-Service GmbH

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

## Networking Done Differently: With Smartphones In Disasters

How Networks of Smartphones can help to 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 untied helpers is being researched. The “Algorithms and Complexity” workgroup supports this work with the development of a smartphone app for networks that come into play when the telephone and mobile phone networks no longer function.

The objective of RESIBES, a joint project of the German Red Cross, Paderborn University, the University of Freiburg, the C-Lab Paderborn and the industrial partners Atos and mainis, is to research helper networks for the future. While traditional organisations such as the Red Cross, the German Technical Relief Agency (THW) and many others have experienced a decline in the number of volunteers, the 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.

One aspect of the project is communication in the event of a crisis. Power outages, in particular, can lead to outages in telephone networks and mobile communications and thus also the Internet. However, communication is very important for the organisation in crises, and since independent helpers, in contrast to rescue organisations, do not have radio equipment, an alternative is necessary here. The “Algorithms and Complexity” workgroup is working on such an alternative, an ad hoc network with the helpers’ smartphones.

An essential part of the work consists of the development of a smartphone app for the project. For this app, we provide a communication layer that forwards messages from one device to another, enabling helpers to communicate both, with each other and with the control centre. A big challenge are the limitations of commercially available smartphones. These are not designed for such an operation and we put great effort in developing the basic possibility of connections between devices. This app was tested this year in two large-scale field experiments in Frankfurt, most recently during the Frankfurt Marathon in October, where we were able to show that data can be distributed over long distances.

In addition, we are also working on theoretical questions relating to the particular problems of such networks: It is by no

means the case that all devices are always within radio range of other and thus reliable connections exist. Data often has to be exchanged between separate groups. This data can also be passed between group on the smartphones of participants through their mobility. In a recent publication, we have investigated the question of how helpers who are tied to a place, such as their home, have to move under extreme conditions in order to ensure reliable message exchange.



Krad-Melder des Deutschen Roten Kreuzes bei einem Feldversuch beim Frankfurt Marathon. Die Melder haben Smartphones mit der RESIBES App dabei und verteilen durch ihre Bewegung automatisch die Nachrichten auf dem Marathonengelände.

Motorcycle messengers of the German Red Cross in a joint field experiment at the Frankfurt Maraton, which carry smartphones with the RESIBES app for message distribution.

 **Dr. Matthias Fischer**  
E-mail: Matthias.Fischer@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 66

 **Johannes Schäfer, M.Sc.**  
E-mail: Johannes.Schaefer@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 20

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

Project partners: Atos Information Technology, C-LAB Universität Paderborn, Deutsches Rotes Kreuz, Albert-Ludwigs Universität Freiburg im Breisgau, mainis IT-Service GmbH

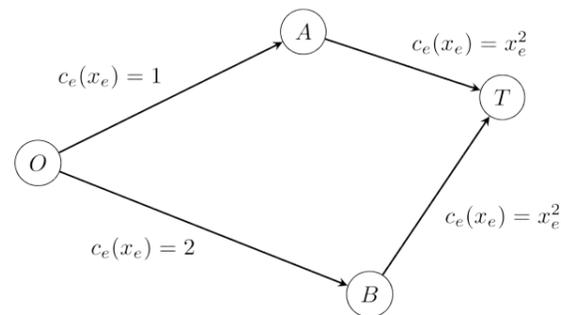
 [www.hni.upb.de/en/alg/projects/resibes](http://www.hni.upb.de/en/alg/projects/resibes)

## Algorithmische Spieltheorie

### Untersuchung strategischen Verhaltens im Kontext von Ressourcenallokation und Nutzerbewertungen

Die Algorithmische Spieltheorie untersucht Szenarien, in denen rationale Akteure miteinander interagieren. Sie beschäftigt sich mit Aussagen über Ergebnisse strategischen Handelns und entwickelt Algorithmen, die auf diesen Ergebnissen basieren. Die Allokation von Ressourcen ist hier ein Beispiel für ein Szenario, welches auch im Kontext des Sonderforschungsbereichs 901 „On-The-Fly Computing“ auftritt.

Die Algorithmische Spieltheorie untersucht die Auswirkungen strategischen Handelns seitens autonomer Akteure. Eine Fragestellung ist hierbei etwa die Berechnungskomplexität von Ergebnisprognosen bei verteilter Allokation von Ressourcen, wie beispielsweise Kapazitäten in Netzwerken oder Rechenleistung von Servern. Weiterhin untersuchen wir, wie sich dynamische Anpassungsprozesse verhalten, wenn Agenten wiederholt auf die Aktionen anderer Agenten reagieren: Welche Dauer haben solche Prozesse? Konvergieren sie zu stabilen Zuständen? Wie ineffizient sind diese Systeme?



Modell eines typischen Auslastungsspiels mit den Kanten als Ressourcen  
Model of a typical congestion game with edges as resources

#### Allokation von Ressourcen

Wir haben uns in mehreren Arbeiten mit der Allokation von Ressourcen unter strategischen Teilnehmern aus spieltheoretischer Sicht beschäftigt. Wir haben hierzu das bekannte Modell der Auslastungsspiele genutzt. Eine Menge von Spielen, die z. B. unsere OTF-Dienstleister im Kontext des Sonderforschungsbereichs 901 darstellen, können eine Menge von Ressourcen (wie z. B. Services von Dienstleistern) nutzen, die jedoch mit Kosten abhängig von der Nutzerzahl verbunden sind. Jeder Spieler hat verschiedene Ressourcenmengen zur Verfügung, je nachdem was er anbieten muss. Wir haben uns mit zwei spezifischen Ausprägungen dieses Modells beschäftigt. Auf der einen Seite haben wir heterogene Teilnehmer betrachtet, die verschiedene Zielfunktionen verfolgen, und untersucht, welche Garantien über Gleichgewichtszustände erhalten bleiben. Auf der anderen Seite

haben wir uns mit der Aufteilung der Kosten beschäftigt und hier ein anderes Modell als die proportionale Aufteilung betrachtet. Der Fokus lag dann auf der Berechnung von approximativen Gleichgewichten in diesem Modell.

#### Disaggregation von Nutzerbewertungen

Des Weiteren haben wir uns dem Problem der konsistenten Verarbeitung von Nutzerbewertungen über komponierte Services gewidmet. Ziel war es, aus Daten über komponierte Services Bewertungen der Einzelservices zuzurechnen. Da es sich um Bewertungen vieler Einzelnutzer handelt, diskutieren wir Kombinationen aus Aggregation (über Nutzer) und Disaggregation (in Einzelbewertungen). Unter der Annahme, dass das Ergebnis nicht von der Reihenfolge der Anwendung dieser Operationen abhängen soll, stellt sich heraus, dass das (gewichtete) arithmetische Mittel als Aggregator zusammen mit dem Shapley-Wert als Disaggregator eine sinnvolle Kombination darstellt. Hierbei bedeutet sinnvoll, dass es nicht auf o.g. Reihenfolge ankommt und die Manipulationsmöglichkeiten eines einzelnen Nutzers stark eingeschränkt sind. Offen ist noch die Charakterisierung dieser Lösung durch eine erweiterte Liste von Axiomen.

 **Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik**  
E-Mail: Alexander.Skopalik@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 57

 **Matthias Feldotto, M.Sc.**  
E-Mail: Matthias.Feldotto@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 52

 Gefördert durch: DFG-Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“, Teilprojekt A3

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

## Algorithmic Game Theory

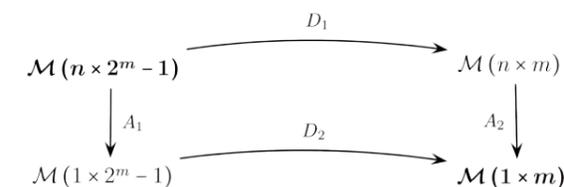
### Analysing Strategic Behaviour in the Context of Resource Allocation and User Evaluations

Algorithmic game theory studies scenarios involving the interaction of rational agents. It is concerned with statements regarding the results of strategic behaviour when agents are in competition with each other and develops algorithms which are based on these results. Resource allocation is an example for a scenario here, which also occurs in the context of the Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”.

Algorithmic game theory is concerned with issues relating to the results of strategic actions of autonomous actors. We investigate the computational complexity of outcome forecasts for the distributed allocation of resources, e.g. capacities in networks or the computing powers of servers. Furthermore, we examine the behaviour of dynamic adjustment processes when agents repeatedly respond to the actions of other agents: What time do such processes have? Do they converge to stable states? How inefficient are these systems?

#### Allocation of Resources

We have dealt in several studies with the allocation of resources among strategic participants from a game theoretical point of view. We have used the well-known model of Congestion Games for this purpose. A lot of players who, for example, represent our OTF service providers in the context of the Collaborative Research Centre 901 can use a set of resources (such as services from service providers), but these resources are associated with costs depending on the number of users. Each player has different amounts of resources available depending on what they have to offer. We investigated two specific characteristics of this model. On the one hand, we looked at heterogeneous participants who pursue different objective functions and examined which guarantees remain about equilibrium states. On the other hand, we have dealt with the distribution of costs and have considered a different model than the proportional distribution. The focus was on the calculation of approximate equilibria in this model.



Schema des Prozesses zur Disaggregation von Nutzerbewertungen  
Scheme of the Disaggregation of User Ratings

#### Disaggregation of User Ratings

We also addressed the issue of consistent processing of user reviews of composed services. The aim was to add ratings to the individual services from data on composed services. Since these are ratings of many individual users, we discuss combinations of aggregation (about users) and disaggregation (in individual ratings). Assuming that the result should not depend on the order of the application of these operations, it turns out that the (weighted) arithmetic mean as aggregator together with the Shapley value as disaggregator represents a meaningful combination. Here, it means that it does not depend on the above mentioned order and that the manipulation possibilities of a single user are strongly limited. The characterisation of this solution by an extended list of axioms is still open.

 **Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik**  
E-mail: Alexander.Skopalik@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 57

 **Matthias Feldotto, M.Sc.**  
E-mail: Matthias.Feldotto@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 52

 Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, subproject A3

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



»» Geniale Menschen sind selten ordentlich. Ordentliche selten genial.  
(Albert Einstein) ««

»» Geniuses are rarely ordinary. Ordinary people are rarely geniuses.  
(Albert Einstein) ««

## Daniel Jung

Dr. rer. nat.  
Algorithmen und Komplexität

Ich war bis Dezember 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand in der Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“ von Professor Friedhelm Meyer auf der Heide tätig. Gebürtig aus Mönchengladbach kommend, habe ich nach dem Abitur zunächst eine Ausbildung zum Fachinformatiker Anwendungsentwicklung abgeschlossen. Anschließend habe ich an der Universität Bonn erfolgreich mein Studium zum Diplominformtiker absolviert. Die Teilgebiete meines Studiums stammten hauptsächlich aus der theoretischen Informatik. Hierbei waren meine Favoriten Algorithmische Geometrie und Bewegungsplanung für Roboter. Hieraus stammte auch das Thema meiner Diplomarbeit. In diesen Bereichen wollte ich darüber hinaus neue wissenschaftliche Erkenntnisse erforschen. So kam ich 2012 nach Paderborn zu Professor Friedhelm Meyer auf der Heide, der mein Doktorvater wurde. Mein Forschungsbereich wurde die Entwicklung und Komplexitätsanalyse grundlegender lokaler Schwarmformationsstrategien im Kontext der theoretischen Informatik. Zur Veröffentlichung meiner Forschungsergebnisse habe ich Konferenzen in Kalifornien, Illinois und Wien besucht. Im Februar 2018 habe ich meine Promotion mit dem Grad Dr. rer. nat. abgeschlossen.

Außer der Forschung ist auch die Lehre ein großer Teil meines Interessensgebietes: Neben der Betreuung zahlreicher Bachelor- und Masterstudierender und Seminare entwickelte ich zusammen mit Dr. rer. nat. Matthias Fischer eine neue, englischsprachige Mastervorlesungsreihe „Computational Geometry“ und übernahm dauerhaft deren Übungsbetrieb.

Meiner Vorliebe zur Tätigkeit in der Lehre wird durch meinen derzeitigen Job als Lehrkraft für Mathematik und Informatik am Berufskolleg „Platz der Republik für Technik und Medien“ entsprochen. So kam ich wieder zurück in die Mönchengladbacher Heimat.

Ich singe in einem Chor und spiele Klavier und Dulcian. Der Dulcian ist ein historisches Doppelrohrblatt-Instrument und Vorfahre des heutigen Fagotts. Die musikalische Tätigkeit bietet mir einen wichtigen Gegenpol zum Arbeitsstress. In der Paderborner Gegend bin ich dennoch häufig, da meine Lebenspartnerin im weiteren Umfeld von Paderborn beruflich gebunden ist und ich immer mal wieder am Heinz Nixdorf Institut vorbeikommen kann.

## Daniel Jung

Dr. rer. nat.  
Algorithms and Complexity

I worked as a research assistant and doctoral student in Professor Friedhelm Meyer auf der Heide’s “Algorithms and Complexity” workgroup until December 2017. I was born in Mönchengladbach, and after graduating from secondary school I began training as an IT specialist in application development. I then successfully completed a degree in computer science at the University of Bonn. The majority of my studies were in the field of theoretical computer science, with my favourites being algorithmic geometry and motion planning for robots: these formed the subject area for my thesis, and were fields where I also wanted to seek out new scientific knowledge. I therefore came to Paderborn in 2012 to work with Professor Friedhelm Meyer auf der Heide, who became my doctoral supervisor. My area of research was the development and complexity analysis of fundamental local swarm formation strategies in the context of theoretical computer science. I have attended conferences in California, Illinois and Vienna to publish my research findings. I completed my doctorate in February 2018, gaining the title of ‘Dr. rer. nat.’.

Alongside research, teaching also forms a large part of my field of interest: as well as supervising numerous bachelor’s and master’s students and courses, I also worked with Dr. rer. nat. Matthias Fischer to develop a new English-language master lecture series called “Computational Geometry” and have taken over its long-term running.

My predilection for teaching is reflected by my current job as a mathematics and IT teacher at the “Platz der Republik” technology and media vocational college, returning to my Mönchengladbach roots.

I sing in a choir and play piano and dulcian. The dulcian is a historical double-reed woodwind instrument and the ancestor of the modern-day bassoon. Playing music provides an important contrast to the stresses of work. However, I am often in the Paderborn area as my partner has professional ties in the wider Paderborn region, allowing me to stop by the Heinz Nixdorf Institute from time to time.

---

## Integrierte Schaltungen für Kommunikation und Sensorik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

---

Die moderne Nano- und Mikroelektronik ermöglicht die Kombination von komplexen, digitalen Schaltungen, analogen Schaltungen und neuartigen Bauelementen auf einem Chip. Wir forschen an einer neuen Generation von extrem energieeffizienten intelligenten Systemen, in denen Mikrochips mit hoher Geschwindigkeit kommunizieren und ihre Umwelt durch Sensoren mit immer höherer Genauigkeit erkennen.

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 Communication and Sensors

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

---

Modern nano- and microelectronic technologies allow the combination of complex digital circuits, analogue circuits and novel devices on a single chip. We conduct research on a new generation of extremely energy efficient intelligent systems in which microchips communicate at 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 anderen 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 für die leitungsgebundene 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. Zukünftige elektronisch-photonische ICs (EPICs) basieren auf neuesten Siliziumphotonik-Technologien und versprechen 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 Bauelementmodellierung. Die Einsatzgebiete dieser Chips sind beispielsweise die drahtlose Kommunikation mit sehr hohen Datenraten, Bewegungs- und Abstandssensorik und spektrometrie-basierte Sensorik.

Ein wichtiges Ziel in der Funkkommunikation ist die Gewährleistung von möglichst langen Batterielaufzeiten. Dies gilt beispielsweise für einen Temperatursensor, der die Heizkörpertemperatur drahtlos an einen zentralen Verbrauchszähler übermittelt. So können innovative Konzepte zur Funkkommunikation und hocheffiziente Funkschaltungen in Zukunft durchaus ohne Unterbrechung zu einer Batterielebensdauer von über zehn Jahren führen oder sogar ein „zero-power“-Radio erlauben, 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. Dies stellt hohe Anforderungen an die Modellierung von Bauelementen und Signalen und erfordert neue Entwurfsmethoden und -werkzeuge.

## Workgroup System and Circuit Technology

The still ongoing revolutionary progress in nano- and microelectronic technologies is the driving force for the development of new technical products, complex 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 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 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. Future Opto-Electronic ICs (OEICs) based on most recent silicon photonics technologies will even enable 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 for 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, motion and distance sensors 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 multifunctional integrated systems. This introduces a challenge for the modelling of both devices and signals, and it requires new design methodologies and tools.

## Kohärente Empfänger in Siliziumphotonik

In Richtung von Terabit/s für Netzwerkübertragungssysteme

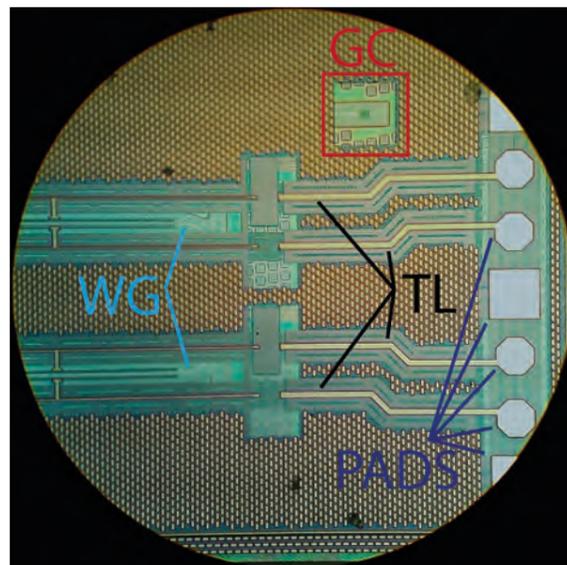
Die Entwicklung von monolithisch-integrierbaren Siliziumphotonik-Plattformen diverser industrieller Global Player wie Luxtera und IBM oder führender akademischer Institute wie UC Berkeley und MIT Cambridge zeigen das Vertrauen in das Potenzial dieses Forschungsfelds für zukünftige ultraschnelle Netzwerkverbindungen.

### Datenübertragungs-Weltrekord für single-chip kohärenten Empfänger

Ein in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ entwickelter kohärenter Empfänger hat einen neuen Geschwindigkeits-Weltrekord für Datenübertragung für Einzelchiplösungen aufgestellt.

Das Besondere an dem Chip ist, dass sowohl optische als auch elektronische Komponenten auf demselben Substrat gefertigt wurden. Dieser sogenannte ePIC (engl. electronic photonic integrated circuit) enthält photonische Komponenten wie Lichtwellenleiter, Koppler, Multimodeninterferometer und Photodioden sowie elektronische Transimpedanzverstärker (engl. transimpedance amplifier, TIA), 50 Ohm-Ausgangspuffer und eine aktive Offsetkompensation. Ein optisches 90°-Hybrid, welches die Demodulation in Inphase- und Quadratursignal übernimmt, wurde als interferometrische Struktur auf dem Chip gefertigt. Die photonischen Wellenleiter wurden in einem speziellen Design so geführt, dass das Nebensprechen der I- und Q-Komponente minimiert wurde. Besonders attraktiv ist der monolithische Ansatz für Empfängerschaltungen, da die Photodiode direkt neben der Eingangsstufe des TIAs platziert werden kann und damit diverse Störeffekte unterdrückt werden.

Der TIA zeigt eine Verstärkung von 7.7kOhm auf. Mit einer gemessenen Bandbreite von 34 GHz und einer Datenrate von 128 Gbit/s (64 GBaud-QPSK) pro optischem Kanal und Polarisation hat dieser kohärente Empfänger den bisher geltenden Rekord mehr als verdoppelt. Der kohärente Empfänger wurde auf der Optical Fiber Communication Conference 2018 in San Diego als Postdeadline-Paper präsentiert. Es folgte eine Einladung für einen Journal-Artikel in der Journal of Lightwave Technology. An dem Entwurf des ePICs waren maßgeblich Christian Kress und Sergiy Gudyriev beteiligt. Die Messungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institute of Photonics and Quantum Electronics des Karlsruhe Institute of Technology (KIT) durchgeführt.



ePIC-Chip-Beispiel mit Pads für elektrische Eingangssignale, elektrische Übertragungsleitungen (TL) und optische Lichtwellenleiter (WG). Infrarotes Laserlicht wird durch einen Gitterkoppler (GC) auf Chip-Lichtwellenleiter (WG) eingekoppelt.

ePIC chip example with pads for electric inputs, transmission lines (TL), and optical waveguides (WG). Infrared laser light is coupled into optical waveguides (WG) by means of grating couplers (GC).

 **Christian Kress, M.Sc.**  
E-Mail: Christian.Kress@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 63 37

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

## Coherent Receivers in Silicon Photonics

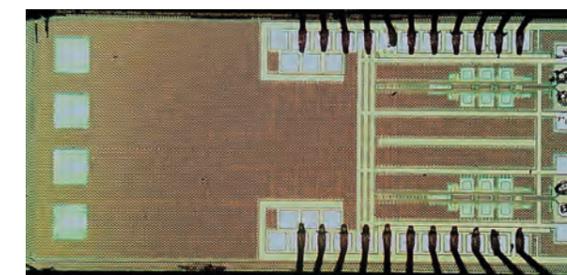
Towards Terabit/s in Network Communication Systems

Silicon photonic chips allow for very fast and energy-efficient communication systems. The research in silicon photonic technologies is driven by both industrial players like IBM and Luxtera as well as leading academic research institutes like UC Berkeley and MIT, which indicates the potential of this research field for future ultra-fast communication systems.

### Data throughput world record for single-chip coherent receiver

The “System and Circuit Technology” workgroup developed a coherent receiver, which set a new world record in data transmission for single-chip solutions.

The chip is particular in the sense that both photonics as well as electronic components are fabricated on the same substrate. This so-called ePIC (electronic photonic integrated chip) contains photonic components like optical waveguides, couplers, multimode interferometers and photodiodes as well as electronic transimpedance amplifiers (TIA), 50 Ohm output amplifier and an offset compensation circuit. An optical 90° hybrid, which performs the quadrature demodulation, was also implemented as on-chip interferometric structure.



Mikrofotografie des kohärenten Empfängers  
Microphotograph of the coherent receiver

The photonic waveguides were routed in a special way that no waveguide crossing had to be used so that channel-to-channel crosstalk was minimised. This type of monolithic co-integration is especially well suited for receiver circuits because the photodiode can be placed in close proximity to the TIA input, which significantly reduces parasitic effects. The TIA has a transimpedance gain of 7.7k Ohm. The measured bandwidth of

34 GHz and data transmission of 128Gbit/s (64 GBaud-QPSK) per optical channel and polarisation more than doubled the previous state-of-the-art performance. The coherent receiver was presented at the Optical Fibre Communication Conference 2018 in San Diego as a post-deadline paper. In the following, we were invited to expand the conference paper into a journal article at the renowned IEEE Journal of Lightwave Technology. Christian Kress and Sergiy Gudyriev had leading roles in designing the ePIC. The measurements were performed in collaboration with the Institute of Photonics and Quantum Electronics of the Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

 **Christian Kress, M.Sc.**  
E-mail: Christian.Kress@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 37

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

## Optoelektronische Frequenzsynthesizer in Siliziumphotonik

Innovative PLL-Frequenzsynthesizer mit sehr geringem Phasenrauschen

Hochfrequenz-Signalquellen mit niedrigem Jitter bzw. Phasenrauschen werden in vielen Anwendungen, wie z. B. Radar, Navigationssystemen, Kommunikationsnetzen usw., benötigt. Der Jitter der Hochfrequenz-Signalquelle wird durch den Jitter der Referenzsignalquelle dominiert, welcher typischerweise eine Surface-Acoustic-Wave (SAW) Oszillator oder ein Quarzoszillator ist.

Wir erforschen neue Techniken, um den Jitter von Frequenzsynthesizern durch den Einsatz optischer Techniken auf Basis von modengekoppelten Lasern und durch die Implementierung in Siliziumphotonik-Chips zu reduzieren.

### Modengekoppelte Laser

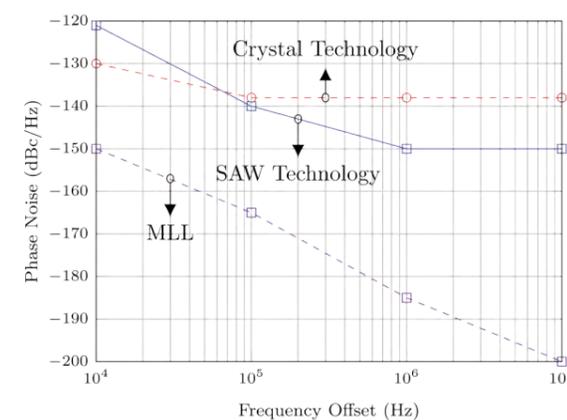
SAW- und Quarzoszillatoren sind rauscharme Quellen, die im Vergleich zu anderen elektronischen Referenzoszillatoren den kleinsten Jitter ermöglichen. Allerdings weisen die optischen Pulsfolgen von modengekoppelten Lasern (mode-locked Laser, MLL) einen um zwei bis drei Größenordnungen geringeren Jitter als die o.g. elektronischen Quellen auf. Es wurde des Weiteren gezeigt, dass durch die Verwendung eines elektrooptischen Regelkreises ein Mikrowellensignal auf die Phase eines MLL-Signals eingeregelt werden konnte. Solche optoelektronischen Phasenregelkreise (OEPLL) haben ein großes Potenzial für eine neue Klasse Frequenzsynthesizer mit extrem niedrigem Jitter.

Ein Nachteil dieser OEPLLs ist bisher, dass dafür große und teure optische Laboraufbauten notwendig waren. Elektronisch-photonische integrierte Schaltungen, basierend auf Siliziumphotonik-Technologie, haben das Potenzial, alle optischen und elektronischen Komponenten auf einem Chip zu integrieren und auf diese Weise eine miniaturisierte und die kostengünstigste Realisierung zu ermöglichen.

### Implementierung und Evaluierung

Das Ziel des Projektes ist die monolithische Integration einer OEPLL mit extrem niedrigen Phasenrauschen. In Kooperation mit unserem Projektpartner an der Ruhr-Universität Bochum werden wir die nächste Generation von rauscharmen Hochfrequenz-Signalquellen entwickeln. Dieser Typ von Signalquellen basiert auf einer PLL, welche einen MLL als Referenzsignal nutzt. Um die gesamten Vorzüge des Referenzsignals im optischen Bereich auszunutzen, wird die Phasendetektion elektrooptisch mithilfe eines Mach-Zehnder-Modulators (MZM) durchgeführt.

In der ersten Phase wird das gesamte System mit modularen Komponenten implementiert. In der zweiten Phase werden der MZM und die Elektronik in einen einzigen Silizium Chip integriert. Die Arbeit wird von theoretischen Untersuchungen begleitet, welche durch Messungen validiert werden.



Vergleich des Phasenrauschens verschiedener Technologien  
Phase noise comparison of different technologies

**Meysam Bahmanian, M.Sc.**  
E-Mail: Meysam.Bahmanian@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 63 29

Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Projektpartner: Ruhr-Universität Bochum

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

## Opto-Electronic Frequency Synthesizer in Silicon Photonics

Paving the way to a novel ultra-low-phase noise Phase-Locked Loop (PLL) technology

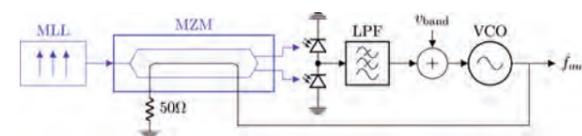
Low jitter signal sources are in widespread use for object detection, navigation systems and ultra-high speed data communication systems. The jitter of the signal sources is dominated by the reference signal source, which is typically a Surface Acoustic Wave (SAW) or a quartz oscillator.

We investigate techniques to lower frequency synthesizer jitter by means of mode-locked lasers as reference sources and silicon photonics circuit implementation.

### Mode Locked Lasers

SAW- and Quartzoscillators are low-jitter sources. While these reference oscillators are standard for communication systems, the optical pulse train generated by a Mode Locked Laser (MLL) can have a better jitter performance by 2–3 orders of magnitude. It has also been shown that by using an electro-optical locking scheme, a microwave signal can be locked to an MLL-signal. Such Opto-Electronic Phase Locked Loops (OEPLL) have a great potential for a new class of low jitter frequency synthesizers.

The main drawbacks of these OEPLLs are their bulky and expensive optical components. Electronic-photonics integrated circuits based on silicon photonics technology offer the potential for extreme miniaturisation of these optical components as well as the integration of optics and low cost.



Block-Diagramm des optoelektronischen Frequenzsynthesizer  
Proposed block diagram of the opto-electronic frequency synthesizer

### Implementation and Evaluation

The goal of this project is to implement a monolithically integrated OEPLL with extremely low phase noise. In cooperation with our project partners at the Ruhr University of Bochum, we develop the next generation of low jitter microwave signal sources. This type of signal source employs a PLL that uses an

MLL as a reference. In order to fully take advantage of the reference signal in the optical domain, the phase detection is done electro-optically using a Mach-Zehnder Modulator (MZM).

In the first phase, the whole system will be implemented using modular components. In the second phase, the MZM and the electronics will be integrated into a single silicon chip. The work is accompanied by theoretical investigation which will be validated by measurements.

The additive jitter of the OEPLL is expected to be less than the reference MLL jitter. The microwave signal then would have an in-band jitter which surpasses conventional electronic PLLs.

**Meysam Bahmanian, M.Sc.**  
E-mail: Meysam.Bahmanian@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 29

Supported by: German Research Foundation (DFG)  
Project partners: Ruhr University of Bochum

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

## RFID-Systeme der nächsten Generation

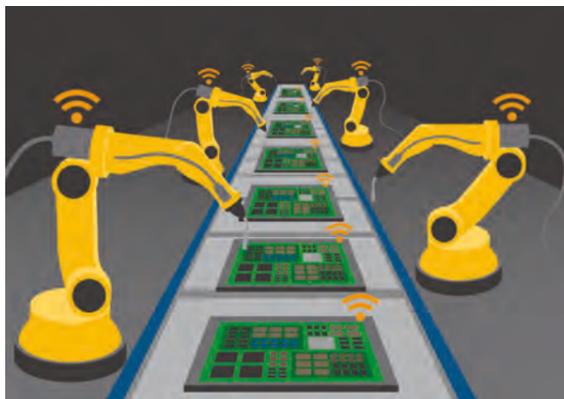
RFID-Technik für die autonome Prozessoptimierung im Rahmen von Industrie 4.0

Passive RFID-Technologie wird als vielversprechende Implementierungslösung von IoT-Konzepten für Anwendungen betrachtet, in denen hohe Zuverlässigkeit in der Identifikation, Rückverfolgbarkeit, Empfindlichkeit und kabellose Kommunikation zwischen intelligenten Systemen benötigt wird. Die Kombination von MIMO-Antennentechnik (engl. multiple inputs multiple outputs) mit RFID erlaubt robuste Detektion trotz schwieriger Bedingungen in Produktionsumgebungen.

### Kabellose Energiegewinnung im 5,8 GHz ISM-Band

Passive RFID-Transponder werden ohne Batterie betrieben, d. h., die Energieversorgung wird nur durch eingehende Radiowellen, die vom Reader in unmittelbarer Nähe erzeugt werden, bereitgestellt. Durch eine Systemleistungsanalyse konnte gezeigt werden, dass die Anforderungen bezüglich der verfügbaren Leistung für das RFID-System in diesem Frequenzbereich extrem hoch sind. Daher muss sowohl eine hocheffiziente Energiegewinnungsschaltung implementiert als auch das gesamte RFID-System für sehr geringe Leistungsaufnahme ausgelegt werden. Durch die Kombination neuer Schaltungstopologien für die Energiegewinnung in modernster Halbleiter-Technologie mit Entwurfsmethoden für geringe Leistungsaufnahme von analogen und digitalen Schaltbausteinen wurden zwei passive RFID-Prototypen entwickelt und in kommerzieller 65nm-CMOS-Technologie gefertigt.

Die Ergebnisse der Analyse und Simulationen wurden auf dem 40th International Symposium of Progress in Electromagnetics Research (PIERS) in Toyama, Japan, präsentiert und mit dem Best-Student-Paper-Award in der Kategorie „Antennen- und Mikrowellentheorie“ honoriert.



Intelligente Fabrik  
Smart Factory

### Cutting edge machining intelligence cloud (Cute-Machining)

Seit April 2016 nimmt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ an dem Cute-Machining-Projekt im Rahmen des „Produktion.NRW“-Programms teil. Das Projekt zielt auf die Optimierung von Fertigungsprozessen, indem Produktionswerkzeuge zu intelligenten Objekten erweitert werden. Das bekannte Problem der Schwankung der Werkzeuglebensdauer bzw. die Voraussagbarkeit der Werkzeuglebensdauer kann durch die Nutzung von RFID-basierten Überwachungssystemen gelöst werden. Aus Sicht der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ besteht die Lösung des Projektziels in einer neuen Generation von hocheffizienten, passiven RFID-Tags, die im Mikrowellenbereich in Kombination mit MIMO-Readern operieren. Dadurch können Werkzeuge zuverlässig identifiziert werden und Betriebsdaten in einer Cloud-Datenbank (Google für die Industrie) online verarbeitet werden.

 **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  
 **2014**  
 **EFRE-NRW**  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

Projektträger: Projektträger Jülich  
Projektpartner: Fraunhofer IMS, CIMSOURCE GmbH, Prometec GmbH, ID4Us GmbH, Sanvik Coromant

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

## Next Generation Radio Frequency Identification System

RFID technology for autonomous process optimisation in the context of “Industrie 4.0”

Passive Radio Frequency Identification (RFID) technology is considered as a promising solution for the pervasive implementation of the IoT concept in the applications which are thoroughly reliant on identification, traceability, sensing capability and wireless communication of smart objects. The combination of MIMO antenna technology with RFIDs allows for robust detection under the harsh conditions of manufacturing environments.

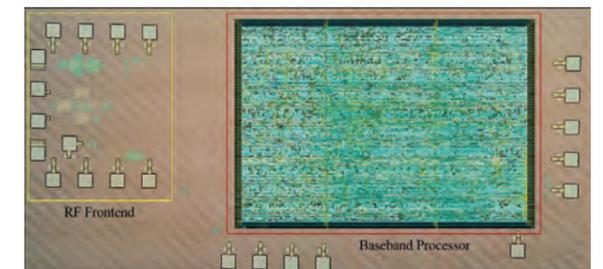
### Wireless Energy Harvesting in the 5.8 GHz ISM Band

Passive RFID transponders operate battery-less, i.e. the power of operation is solely provided by the incident radio waves generated by a reader in the vicinity. Initial link budget analysis performed on the system level, revealed that the restrictions in terms of the available power for the system at this frequency range are extremely high, which implied the necessity of a high efficiency energy scavenging unit as well as low voltage/low power design of the whole chip. Combining the novel circuit solutions with semiconductor-technology-based approaches in the design of the energy harvesting circuitry, together with low-voltage/low-power design techniques for the analogue and digital building blocks, two prototypes of the fully-passive RFID tag chip have been designed and fabricated in a commercial 65 nm CMOS technology.

The initial analysis and simulation results have been presented at 40th International Symposium of Progress in Electromagnetics Research (PIERS) in Toyama, Japan and honoured with a best-student-paper-award in the “Antenna and Microwave theory” focused session.

### Cutting edge machining intelligence cloud (Cute-Machining)

Since April 2016, the “System and Circuit Technology” workgroup takes part in the CUTE-MACHINING project, under the framework of the program “Produktion.NRW”. The project aims at 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 is resolved using the RFID-based tool monitoring systems. The key to the success of the project from the perspective of the “System and Circuit Technology” workgroup, is the new generation of high efficiency passive RFID tags working in microwave range in combination with MIMO readers, that can identify the tools reliably, and can feed a cloud database (Google for the Industry) with the online operating data.



Mikrofotografie des gefertigten Chips mit analogem RF-Frontend und Layout des Mikroprozessors  
Microphotograph of the fabricated chip including the RF analogue Front-end and the Layout of the microprocessor

 **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  
 **2014**  
 **EFRE-NRW**  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

Project management: Projektträger Jülich

Project partners: Fraunhofer IMS, CIMSOURCE GmbH, Prometec GmbH, ID4Us GmbH, Sanvik Coromant

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



»» Software sollte einem die Freiheiten geben, aus ihr zu lernen, sie zu verändern und sie weiterzuverbreiten. ««

»» Software should give the freedom to learn from it, change it and redistribute it. ««

---

## Bastian Koppelman

M.Sc.  
Schaltungstechnik

---

Ich habe Informatik in Paderborn studiert und interessierte mich frühzeitig für die praktischen Anwendungen wie zum Beispiel den Compilerbau und die Computerarchitektur. Kontakt zur Fachgruppe „Schaltungstechnik“ erhielt ich durch die technischen Informatik, die beide eng miteinander verwandt sind. Die Projektgruppe „Paderborn CPU Core for Approximate Computing“ weckte dabei meine Neugier für den Bereich der Entwicklung von CMOS-Chips und der Schaltungstechnik.

Meine erste Industrienerfahrung sammelte ich bei einem Praxissemester der Infineon Technologies AG bei München. Hierbei bekam ich einen Einblick auf meine spätere berufliche Ausrichtung, was auch meine Entscheidung für eine forschungsorientierte Laufbahn an der Universität prägte, da man den Fokus der Arbeit an der Universität zu einem gewissen Grad selbst bestimmt.

Im Verlauf meines Studiums entwickelte ich eine Faszination für Open-Source-Softwareentwicklung und die damit verbundenen Ideale, dass Software dem Benutzer die Freiheiten geben sollte, aus dieser zu lernen, sie zu verändern und weiterzuverbreiten. Arbeit in Open-Source-Communities beinhalten die Interaktion und Diskussion mit hochqualifizierten Personen innerhalb einer internationalen Gemeinschaft. Im Rahmen einer Stelle als studentische Hilfskraft bekam ich die Gelegenheit, dies in der QEMU-Open-Source-Entwicklung in die Tat umzusetzen. Schrittweise implementierte ich die TriCore™-Befehlssatzarchitektur in QEMU, bei der ich frühzeitig als offizieller Maintainer akzeptiert wurde. Ein einschneidendes Erlebnis war hier die Teilnahme an der jährlichen Entwicklerkonferenz in Seattle, die mir durch die Universität Paderborn mit zusätzlicher Förderung der Linux-Foundation ermöglicht wurde und hierdurch meinen Einsatz honorierte. Der direkte soziale Kontakt führte zu mittlerweile sehr guten persönlichen Bekanntschaften.

Nach Abschluss dieser Arbeiten suchte ich meine neue Herausforderung in der freien RISC-V-Architektur, die von der UC Berkeley initiiert wurde, woraus sich auch meine Masterarbeit entwickelte. Seit Mitte 2018 forsche ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut und arbeite hier an der Entwicklung von neuen RISC-V-Prozessorarchitekturen. Die Arbeiten geben mir die Möglichkeit, in der Gruppe am Entwurf und der Fertigung von ICs zu arbeiten. Im Umfeld von stromsparenden Chips mit immer komplexeren Anwendungen gibt es hier noch viele Herausforderungen.

---

## Bastian Koppelman

M.Sc.  
System and Circuit Technology

---

I studied computer science in Paderborn and, early on, I was interested in the practical applications such as compiler construction and Computer architecture. I came into contact with the “System and Circuit Technology” workgroup in the field of computer engineering, which are both closely related to each other. The project group “Paderborn CPU Core for Approximate Computing” awakened my interest in the development of CMOS chips and circuit technology.

I gained my first industrial experience during an internship semester at Infineon Technologies AG near Munich. This gave me an insight into my future professional orientation, which influenced my decision for a research-oriented career at the university, since the focus of the work at the university is self-determined to a certain degree.

In the course of my studies, I developed a fascination for open source software development and the ideals of freedom associated with it, e.g. software should give the user the freedom to learn from it, change it and spread it further. Work in open source communities includes interacting and discussing with highly qualified people within an international community. In the context of a position as a student assistant, I had the opportunity to put this into practice in QEMU open source development. Step by step, I implemented the TriCore™ instruction set architecture in QEMU and was accepted early on as the official maintainer. A decisive experience which rewarded my commitment, was my participation in the annual QEMU developers conference in Seattle, which was supported by Paderborn University with the additional support of the Linux Foundation. The direct social interaction at this conference has led to good personal acquaintances.

After completing this work, I was looking for a new challenge in the free RISC-V architecture, which was initiated by UC Berkeley, which was also the basis for my master's thesis. Since mid-2018, I have been researching in the position of a research associate at the Heinz Nixdorf Institute and work here in the development of new RISC-V processor architectures. The work in the group allows me to work on the design and manufacturing of ICs. Many challenges that I like to work on remain in the environment of power-efficient chips with increasingly complex applications.

## 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 5251 | 60 62 77

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

/Autonomous  
/Sensing  
/Communication  
/Battery  
/Navigation  
/Mirrorless  
/Ecology

  
MITGLIED VON  
DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

## Design, Control and Optimisation of Intelligent Mechatronic Systems

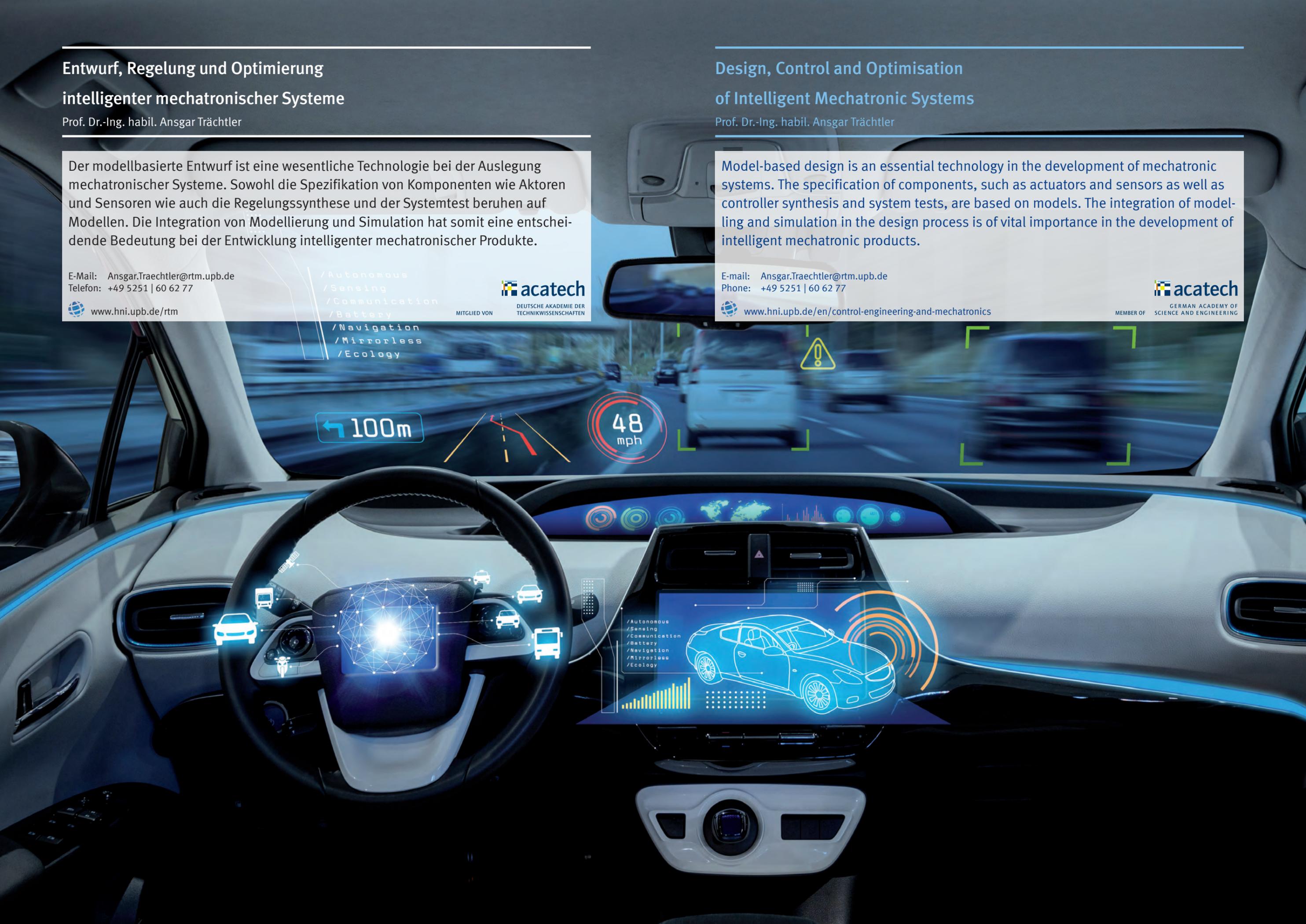
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

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 5251 | 60 62 77

 [www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics](http://www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics)

  
MEMBER OF  
GERMAN AKADEMIE OF  
SCIENCE AND ENGINEERING



## 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 beim Condition based Monitoring. Schließlich sind Modelle des dynamischen Verhaltens ein unverzichtbarer Bestandteil bei der Analyse und der Synthese von Regelungen und bei deren Optimierung.

### Modellierung und Analyse des Systemverhaltens

Wir setzen konsequent auf eine physikalisch motivierte Modellierung, welche den Vorteil hat, dass die Modelle transparent und erweiterbar sind und ein tief gehendes Systemverständnis ermöglichen. Die Kunst ist dabei, eine der Aufgabenstellung angemessene Modellierungstiefe zu verwenden, insbesondere wenn die Modelle echtzeitfähig sein müssen. Häufig werden von einem System mehrere Modelle mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad benötigt oder Modelle, die unterschiedliche Aspekte beschreiben, wie z. B. das dynamische Verhalten (regelungstechnisches Modell), die Gestalt (CAD-Modell) oder ein FE-Modell für Lastuntersuchungen. Wir arbeiten an Methoden, um zwischen unterschiedlichen Modellen eine gewisse Durchgängigkeit zu erzielen, beispielsweise durch den Einsatz von Ordnungsreduktionsverfahren. Eine wichtige Anwendung finden Modellierungstechniken bei der Auslegung mechatronischer Systeme. Durch Analysen im Zeit- und Frequenzbereich lassen sich Aktoren und Sensoren hinsichtlich der erforderlichen Eigenschaften, wie z. B. Bandbreite, maximale Kraft oder Leistungsaufnahme, am Modell spezifizieren, woraus

sich weitere Eigenschaften wie Gewicht und Bauraum ableiten lassen. Neben den einzelnen Komponenten lässt sich auch das Verhalten des Gesamtsystems einschließlich Regelung und Software-Implementierung untersuchen.

### Regelungsentwurf und Optimierung

Beim Entwurf von Regelungs- und Steuerungssystemen geht es zum einen um die Sicherstellung eines gewünschten funktionalen Verhaltens (Regelgüte, Robustheit). Bei komplexen hierarchischen Systemen ist es aber ebenso wichtig, durch die Regelungsstruktur die Komplexität beherrschbar zu halten. Hier hat es sich bewährt, auf kaskadierte Regelungsstrukturen zu setzen. Ausgehend von dezentralen, häufig einschleifigen Reglern auf den unteren Ebenen, werden auf höheren Ebenen zunehmend mehrschleifige Regler verwendet. Die Inbetriebnahme der Regler kann dann sukzessiv „von unten nach oben“ erfolgen. Wie bei der Modellierung ist es auch beim Regelungsentwurf wichtig, physikalisch interpretierbare Signalschnittstellen zu verwenden. Optimierungstechniken stellen ein mächtiges Werkzeug beim Entwurf von Regelungen dar. Die Entwurfsanforderungen müssen hierzu als Gütemaße quantifiziert werden. Üblicherweise sind die unterschiedlichen Entwurfsanforderungen gegenläufig, sodass Mehrzieloptimierungsverfahren zum Einsatz kommen, die bestmögliche Kompromisseinstellungen liefern. 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 condition-based monitoring. After all, models of dynamic behaviour are an indispensable element in the analysis, synthesis and optimisation of controls.

### Modelling and Analysis of the System Behaviour

The foundation of our work is a physically motivated modelling, which has the advantage that the models are transparent, extendable and provide deeper insights into the system. The challenge is to employ a modelling depth that is appropriate to the task, especially if the models have to fulfil real-time conditions. Often, a system requires several models with different levels of detail, or models that describe different aspects, e.g. dynamic behaviour (in control engineering), shape (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 index-reduction method. An important application of modelling methods is the design of mechatronic systems. Following analyses in the time and frequency domains, model-specific actuators and sensors that take the required features into account – such as bandwidth, maximum force, or input power – can be configured. Other features, such as weight or dimensions can then be derived from this specification. In addition to the individual components, the behaviour of the overall system, including control and software implementation, can be examined.

### Controller Design and Optimisation

The design of feedforward and feedback control systems is firstly a matter of obtaining a desired functional behaviour



Hydraulischer Hexapod zum Testen mechatronischer Fahrzeugachsen  
Hydraulic hexapod for testing mechatronic vehicle axles

(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.

## Industrie 4.0-Transportdemonstrator

### Interaktionsmodell zur Verhandlung einer On-the-Fly-Produktübergabe zwischen I4.0-Komponenten

Im Themenfeld Industrie 4.0 wird in der Fachgruppe an einem Interaktionsmodell gearbeitet, das hochdynamische Transportaufgaben zwischen vernetzten mechatronischen Systemen ermöglicht, indem diese die dazu erforderlichen Randbedingungen automatisch miteinander aushandeln. Zur Demonstration des Interaktionsmodells wurde ein I4.0-Transportdemonstrator aufgebaut, der Produktröhlinge an ihre individuellen Bestimmungsorte transportiert.

#### Aufbau des I4.0-Transportdemonstrators

Die Produktion kundenindividueller Güter steigert den materialflusstechnischen und steuerungstechnischen Aufwand erheblich. Daher spielen gerade bei flexiblen Fertigungssystemen der flexible und produktindividuelle Produkttransport sowie die schnelle Produktübergabe zwischen den einzelnen Fertigungsstationen eine zentrale Rolle. Dies kann nur durch autonome dezentral gesteuerte Transporteinheiten erreicht werden, die selbstständig mit ihren Nachbarn interagieren und sich so auf jede Veränderung ihrer Umgebung selbstständig und ohne manuellen Programmieraufwand einstellen können. Zur Lösung dieser Aufgabe wurde in der Fachgruppe ein Interaktionskonzept entwickelt, das eine automatische On-the-Fly-Produktübergabe zwischen vernetzten Transporteinheiten während der Bewegung ermöglicht.

Zur Realisierung und Veranschaulichung des Interaktionskonzepts wurde der in Bild 1 dargestellte I4.0-Transportdemonstrator aufgebaut. Vier vernetzte Transporteinheiten (2 XTS-Systeme, 2 Delta-Roboter) mit eigenen Steuereinheiten transportieren die auf einem Drehteller abgelegten Produktröhlinge an ihre individuell erforderlichen Bestimmungsorte zur Weiterverarbeitung. Die Transportaufgabe wird dabei nicht über eine zentrale Anlagensteuerung koordiniert, sondern die lokalen Steuerungen der Teilsysteme beauftragen sich gegenseitig. Möchte ein Teilsystem sein Produkt an die benachbarte Einheit übergeben, so handeln die beiden Partner die Übergabeparameter, wie z. B. Ort, Geschwindigkeit und Zeitpunkt, so miteinander aus, dass das Produkt möglichst schnell und ohne anzuhalten (On-the-Fly) weitergereicht wird.

#### Interaktionskonzept zur Aushandlung einer Transportaufgabe

Das Interaktionskonzept zur Verhandlung der On-the-Fly-Produktübergabe wurde in Anlehnung an das Interaktionskonzept einer I4.0-Komponente in der SPS-Software TwinCat3 objektorientiert implementiert. Das Konzept sieht vor, dass zwei Teilsysteme sich zuerst auf einen Übergabepfad (s. Bild 2, rot) einigen, den beide erreichen können. Im zweiten

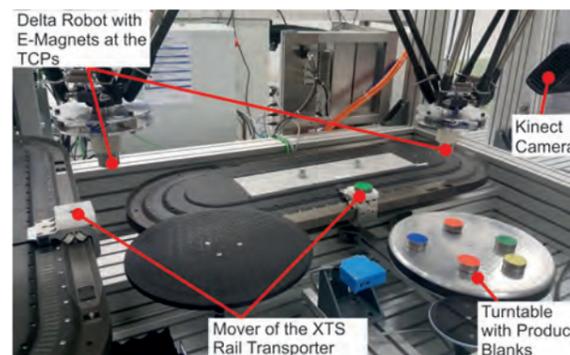


Bild 1: I4.0-Transportdemonstrator  
Figure 1: I4.0 transport demonstrator

Schritt verhandeln sie die Geschwindigkeit, mit der sie den Übergabepfad abfahren werden. Im dritten Verhandlungsschritt einigen sie sich auf den exakten Zeitpunkt, wann sie den Pfad abfahren werden.

Ein entscheidender Punkt des Interaktionsmodells ist die Fähigkeit der Teilsysteme, ihre Verfahrenstrajektorien selbstständig so zu berechnen, dass sie die verhandelten Randbedingungen bezüglich Zielposition, -geschwindigkeit und -zeit exakt einhalten. Eine zweite Herausforderung ist die Fähigkeit zur selbstständigen Simulation der Zeitprognose bis zum Erreichen des verhandelten Übergabepfads von der aktuellen Position und Geschwindigkeit des eigenen Tool-Center-Points (TCP) unter Einhaltung aller vorliegenden Restriktionen an Arbeitsraum, Geschwindigkeit und Beschleunigung.

 **Dr.-Ing. Viktor Just**  
E-Mail: Viktor.Just@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 69

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

## “Industrie 4.0” Transport Demonstrator

### Interaction model for negotiating an on-the-fly product transfer between I4.0 components

In the field of “Industrie 4.0”, the workgroup is working on an interaction model that enables highly dynamic transport tasks between networked mechatronic systems by automatically negotiating the necessary boundary conditions with each other. To demonstrate the interaction model, an I4.0 transport demonstrator was built, which transports product blanks to their individual destinations.

#### Structure of the I4.0 transport demonstrator

The production of customer-specific products significantly increases the material flow and control costs. For this reason, flexible and product-specific transport as well as fast product transfer between the individual production tools play a central role, especially in flexible production systems. This can only be achieved by autonomous, decentrally controlled transport units, which interact independently with their neighbours and are thus able to adapt to any change in their environment independently and without manual programming effort. In order to solve this problem, an interaction concept was developed at the workgroup that enables automatic on-the-fly product transfer between networked transport units.

The I4.0 transport demonstrator shown in Figure 1 was set up to implement and illustrate the interaction concept. Four networked transport units with their own control units transport the product blanks stored on a turntable to their individually required destinations for further processing. The transport task is coordinated without a central plant control system, but the local controls of the subsystems commission each other. If a subsystem wishes to transfer its product to the adjacent unit, the two partners negotiate the transfer parameters, such as location, speed and time, so that the product is transferred as quickly as possible and without stopping (on-the-fly).

#### Interaction concept for negotiating a transport task

The interaction concept for negotiating the on-the-fly product transfer was implemented object-oriented in the TwinCat3 PLC software on the basis of the interaction concept of an I4.0 component. The concept provides that two subsystems first agree on a transfer path (see Figure 2, red), which both can reach. In the second step, they negotiate the speed at which they will follow the transfer path. In the third negotiation step, they agree on the exact time when they will follow the path.

A key point of the interaction model is the ability of the subsystems to independently calculate their travel trajectories in such a way that they exactly adhere to the negotiated boundary conditions regarding target position, velocity and time. A second challenge point is the ability to independently simulate the time prediction to reach the negotiated transfer path from the current position and speed of the own Tool Center Point (TCP) while respecting all existing restrictions on workspace, speed and acceleration.

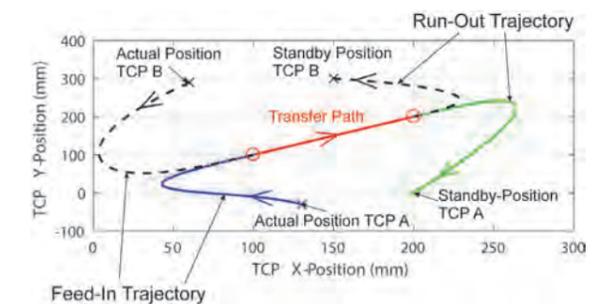


Bild 2: Geplante Trajektorien zweier Teilsysteme zur On-the-Fly-Produktübergabe  
Figure 2: Planned trajectories of two subsystems for on-the-fly product transfer

 **Dr.-Ing. Viktor Just**  
E-mail: Viktor.Just@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 69

 [www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics](http://www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics)

## Modellprädiktiver Motion-Cueing-Algorithmus

### Entwicklung innovativer Regelungskonzepte zur Bewegungssteuerung dynamischer Fahrsimulatoren

Der Einsatz von komplexen Fahrsimulatoren unterstützt den Entwicklungsprozess neuartiger Fahrzeugkonzepte sowie fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme maßgeblich. Um das Potenzial dieser Entwicklungswerkzeuge bestmöglich auszuschöpfen, werden spezielle Regelungsalgorithmen zur Ansteuerung des Bewegungssystems benötigt. In diesem Kontext stellen Ansätze aus dem Bereich der modellprädiktiven Regelungen den Gegenstand aktueller Forschungen am Heinz Nixdorf Institut dar.

Damit die in interaktiven Fahrsimulationen erzielten Ergebnisse auf reale Fahrsituationen übertragen werden können, muss dem menschlichen Wahrnehmungsapparat während des Simulatorversuchs ein realitätsnahes Fahrgefühl suggeriert werden. Hierfür entscheidend sind visuelle, akustische, haptische und vestibuläre Bewegungshinweise, welche allgemein als „Motion Cues“ bezeichnet werden. Aufgrund des begrenzten Arbeitsraumes können die vestibulären Stimuli in der Regel jedoch nicht vollständig im Simulator reproduziert werden. Daher kommen sogenannte „Motion-Cueing-Algorithmen“ (MCA) zum Einsatz, welche die simulierte Fahrzeugbewegung für den Fahrer wie die Bewegung eines realen Fahrzeugs erscheinen lassen und zugleich die technischen Einschränkungen des Bewegungssystems berücksichtigen.

Neben der Optimierung etablierter MCA bildet die Entwicklung neuartiger Regelungsalgorithmen einen Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ im Bereich interaktiver Fahrsimulationen. Den Fokus aktueller Untersuchungen bilden dabei Ansätze aus dem Bereich der modellprädiktiven Regelungen (MPC). Diese nutzen ein physikalisches Modell des Bewegungssystems sowie Informationen über den aktuellen Systemzustand, um die künftigen Simulatorbewegungen innerhalb eines begrenzten zeitlichen Horizonts in Abhängigkeit der Steuersignale zu präzisieren. Mithilfe einer zur Laufzeit erfolgenden numerischen Optimierung wird die Bewegungstrajektorie des Simulators derart geplant, dass die vestibulären Bewegungshinweise des simulierten Fahrzeugs bestmöglich reproduziert werden. Anschließend wird lediglich das erste Element der optimierten Steuersignale am Bewegungssystem aufgeschaltet, wodurch sich ein neuer Systemzustand einstellt. Ausgehend von diesem wird der Prädiktions- und Optimierungsprozess 40-mal in der Sekunde wiederholt, sodass für den Fahrer im Simulator ein realitätsnaher Fahreindruck entsteht.

Durch die Integration eines physikalischen Modells und des damit verbundenen Systemverständnisses in den Regelalgorithmus bieten MPC-basierte Regelungskonzepte

gegenüber konventionellen MCA den Vorteil, dass etwaige technische Beschränkungen sowie dynamische und kinematische Zusammenhänge des Bewegungssystems explizit durch Optimierungsalgorithmen berücksichtigt werden können. Hierdurch wird der verfügbare Arbeitsraum optimal ausgenutzt und das Auftreten von falschen Bewegungshinweisen, welche sich negativ auf die resultierende Immersion auswirken, signifikant reduziert. Das große Potenzial der entwickelten Regelungsstrategie konnte mithilfe des am Heinz Nixdorf Institut betriebenen ATMOS-Fahrsimulators erfolgreich validiert werden. Dieser stellt, im Gegensatz zu konventionellen Simulatorkonzepten, aufgrund seiner speziellen Hybridkinematik mit fünf Bewegungsfreiheitsgraden ein besonders anspruchsvolles Anwendungsbeispiel dar. Es wurde nachgewiesen, dass die Regelgüte und das resultierende Fahrgefühl im Vergleich zu existierenden MCA deutlich gesteigert werden konnten.



ATMOS-Fahrsimulator des Heinz Nixdorf Instituts  
ATMOS driving simulator of the Heinz Nixdorf Institute

 **Patrick Biemelt, M.Sc.**  
E-Mail: Patrick.Biemelt@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 87

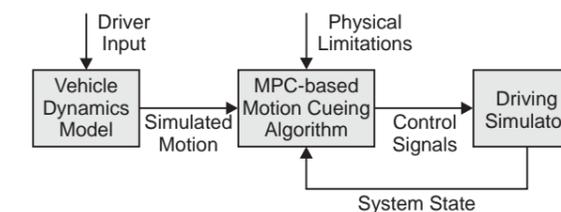
 [www.hni.upb.de/rtm](http://www.hni.upb.de/rtm)

## Model Predictive Motion Cueing Algorithm

### Development of Innovative Control Concepts for Motion Control of Dynamic Driving Simulators

The usage of complex driving simulators provides significant support for the development process of novel vehicle concepts and advanced driver assistance systems. In order to exploit the potential of these development tools in the best possible way, special control algorithms for controlling the motion system are required. In this context, approaches from the field of model predictive control represent the subject of current research at the Heinz Nixdorf Institute.

In order to transfer the results obtained from the interactive driving simulations to real driving situations, a realistic driving experience must be suggested to the human perception system during the simulator test. Visual, acoustic, haptic and vestibular movement indications, which are generally referred to as “Motion Cues”, are decisive for this. Due to the limited workspace, however, the vestibular stimuli cannot usually be reproduced completely in the simulator. For this reason, so-called “Motion Cueing Algorithms” (MCA) are used to render the simulated vehicle movement for the driver as the movement of a real vehicle and at the same time take into account the technical limitations of the motion system.



Modellprädiktives Regelungskonzept  
Model predictive control approach

In addition to the optimisation of established MCA, the development of novel control algorithms is a research focus of the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup in the field of interactive driving simulations. Current investigations concentrate on approaches from the field of model predictive control (MPC). These use a physical model of the motion system and information about the current system state to predict future simulator movements within a limited time horizon depending on the control signals. With the help of a numerical optimisation at runtime, the motion trajectory of the simulator is planned in such a way that the vestibular Motion Cues of the simulated vehicle are reproduced in the best possible way. Subsequently, only the first element of the optimized control

signals is applied to the motion system, which leads to a new system state. Based on this, the prediction and optimisation process is repeated forty times per second, so that a realistic driving experience is created for the driver in the simulator.

By integrating a physical model and the associated system knowledge into the control algorithm, MPC-based control concepts offer the advantage over conventional MCA that any technical limitations as well as dynamic and kinematic relationships of the motion system can be explicitly taken into account by the optimisation algorithm. This enables an optimal use of the available workspace and a significant reduction of the occurrence of false motion instructions, which have a negative effect on the resulting immersion. The great potential of the developed control strategy was successfully validated with the help of the ATMOS driving simulator that is operated at the Heinz Nixdorf Institute. In contrast to conventional simulator concepts, the special hybrid kinematics of this simulator with five degrees of freedom motion system makes it a challenging application example. It was proved that the control quality and the resulting driving experience could be significantly increased compared to the existing MCA.

 **Patrick Biemelt, M.Sc.**  
E-mail: Patrick.Biemelt@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 87

 [www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics](http://www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics)

## Maschinelles Lernen in der Regelungstechnik

### Modell- und datengetriebene Verfahren

Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) durchdringen aktuell unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen, wie z. B. die Bild- oder Sprachverarbeitung oder auch weitere Fächer der Ingenieurwissenschaften. In der Regelungstechnik kommen Verfahren des maschinellen Lernens (ML) zum Einsatz, und zwar sowohl als Alternative zur physikalischen Modellierung dynamischen Verhaltens wie auch als Alternative zu fachspezifischen Methoden des Regelungs- und Steuerungsentwurfs.

Beim maschinellen Lernen werden aus gegebenen Daten Zusammenhänge erlernt, um diese auf neue Daten anzuwenden (Inter- bzw. Extrapolation). Im weiteren Sinn geschieht dies mit einer meist großen Anzahl von Basisfunktionen, deren Parameter durch Optimierung bestimmt werden. Beispiele hierfür sind neuronale Netze oder die Gaußprozess-Regression. Eine Anwendung solcher Methoden auf die Modellierung oder Parameteridentifikation dynamischer Systeme ist sehr naheliegend.

In unserer Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ interessieren wir uns vor allem für Fragen, wie ML- oder allgemeiner KI-Verfahren sinnvoll die leistungsfähigen fachspezifischen Analyse- und Syntheseverfahren unterstützen oder evtl. auch erweitern können, beispielsweise bei Zusammenhängen oder Entwurfszielen, die schwer physikalisch formulierbar sind. Gleichzeitig wollen wir die Vorteile physikbasierter Verfahren beibehalten, da sie ein hohes Maß an Interpretierbarkeit besitzen und tieferes Systemverständnis ermöglichen, was z. B. für Stabilitätsanalysen oder bei sicherheitskritischen Anwendungen von Bedeutung ist. Eine weitere Frage, der wir nachgehen, ist, wie viel und welches Vorwissen bei datengetriebenen im Vergleich zu modellbasierten Verfahren erforderlich ist.

Am Beispiel eines als Laboraufbau vorhandenen Doppelpendels auf einem Wagen (siehe Bild 1) haben wir den Aufschwung und die Stabilisierung in der oberen Ruhelage mit einem aus der Literatur bekannten ML-Verfahren, PILCO, erlernt. Die Grundlage von PILCO sind Gaußprozess-Regressionen, mit denen iterativ ein dynamisches Modell (äußere Schleife) und in jedem Schritt anhand des jeweils aktuellen Modells eine kombinierte Regelungs-/Steuerungsstrategie (innere Schleife) erlernt werden. Anschließend wird die Regelungs-/Steuerungsstrategie auf das reale System aufgeschaltet und das Systemverhalten anhand der verfügbaren Sensoren gemessen. Dies dient zur Verbesserung des Modells im Folgeschritt. Mit 27 Iterationen gelang der Aufschwung und die Stabilisierung. Das unter dem nebenstehenden Link zu findende Video zeigt den schrittweisen Lernvorgang am realen System. Als eine wesentliche Vorabinformation musste dem Lernverfahren neben den

drei Messgrößen auch deren zeitliche Ableitungen, also der gesamte Zustandsvektor, zur Verfügung gestellt werden.

In einer weiteren Anwendung nutzen wir Verfahren des maschinellen Lernens, um eine vereinfachte echtzeitfähige Erkennung des Verkehrsumfelds in einer virtuellen Welt zu entwickeln (siehe Bild 2). Hintergrund ist hier die Entwicklung von neuronalen Scheinwerfersystemen in einem Fahrsimulator.

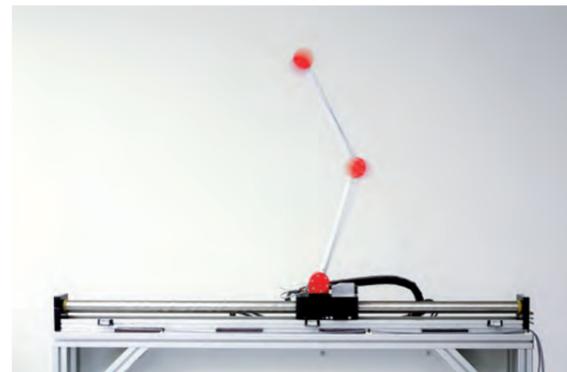


Bild 1: Doppelpendel-Prüfstand  
Figure 1: Double pendulum test bench

 **Michael Hesse, M.Sc.**  
E-Mail: Michael.Hesse@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 28

 **Annika Junker, M.Sc.**  
E-Mail: Annika.Junker@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 91

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

 <https://www.youtube.com/watch?v=N-yrQu9zuOI>

## Machine learning in control engineering

### Model- and data-driven design procedures

Methods of Artificial Intelligence (AI) are currently making their way into various scientific disciplines, such as image or speech processing based on large amounts of data (“big data”). The subject is also attracting more and more attention in the engineering sciences. In control engineering Machine Learning (ML) methods may be used as alternative for physically modelling dynamic behavior or also as alternative approaches for controller design.

In machine learning, relationships are learnt from given data for applying them to new data (inter- or extrapolation, resp.). In a broader sense this is achieved using a large number of basis functions whose parameters are determined via optimization. Examples are neural nets or Gauss process regression. Applying those methods to modelling or parameter identification seems quite obvious.

In our “Control Engineering and Mechatronics” workgroup, we are interested in questions how ML- or AI-methods could be used in a reasonable way to support or extend powerful discipline-specific methods for controller design and analysis, for example in cases where the control task or the dynamic behavior is not feasible for a physical or mathematical description. Coincidentally, we want to benefit from the advantages of physically-motivated methods due to their inherent interpretability enabling deeper insight into the system’s dynamics. This is especially important for safety-critical applications. Another question we are investigating is the amount and kind of a priori knowledge required by data-driven approaches in comparison with model driven ones.

The double pendulum on a cart (see Figure 1) is an experimental setup we used for performing swing-up and stabilization in the upper equilibrium by applying the PILCO approach known from literature. The basis of PILCO is a Gauss process regression where in an outer loop a dynamic model of the pendulum is learnt iteratively. In the inner loop a combined feedback/feedforward control strategy is learnt, which is afterwards applied to the real system. The system behavior is recorded by sensors and fed into the outer loop for improving the model. Within 27 iteration steps, swing-up and stabilization were successfully realized. In the attached link, the video shows the step-by-step learning process on the real system. As effective a priori information, the learning procedure had to be provided with the full state information (data from 3 sensors together with their respective time derivatives).



Bild 2: Vereinfachte echtzeitfähige Erkennung des Verkehrsumfelds in einer virtuellen Welt  
Figure 2: Simplified estimation of the (virtual) traffic environment

A second application for machine learning we are concerned with is a simplified estimation of the (virtual) traffic environment (see Figure 2). This is done within the Smart Headlamp Technology (SHT) project where we develop driving simulator based test methods for innovative lighting systems.

 **Michael Hesse, M.Sc.**  
E-mail: Michael.Hesse@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 28

 **Annika Junker, M.Sc.**  
E-mail: Annika.Junker@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 91

 [www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics](http://www.hni.upb.de/en/control-engineering-and-mechatronics)

 <https://www.youtube.com/watch?v=N-yrQu9zuOI>



» Technik begeistert mich, wenn solidem Maschinenbau durch raffinierte Elektronik Leben eingehaucht wird. «

» Technology inspires me if sophisticated electronics are breathing life into solid mechanical engineering. «

## Nico Rüdtenklau

M.Sc.  
Regelungstechnik und Mechatronik

Im Jahr 2009 begann ich bei der Siemens AG ein duales Informatik-Studium an der Universität Paderborn. Im Verlauf des Studiums bemerkte ich, dass ich mich besonders für das Zusammenwirken von Software und physikalischen Systemen begeistern kann. Deshalb entschied ich mich, nach dem Bachelor-Abschluss in Informatik im Jahr 2012 noch ein Maschinenbau-Studium zu beginnen, in welchem ich von Anfang an mechatronische Systeme fokussierte. Anschließend bekam ich 2017 in der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ unter der Leitung von Professor Trächtler die Chance, diese Richtung als wissenschaftlicher Mitarbeiter weiterzuverfolgen.

Schule – Studium – Arbeiten, so erzählte man mir, sortiert sich das Leben von erhabener Bequemlichkeit bis hin zur ganz täglichen Plackerei. „Warte mal ab, bis du anfängst zu studieren!“ oder später „... zu arbeiten!“, waren gewohnte Reaktionen, wenn ich mich über Hausaufgaben, lange Schultage und andere Entbehrungen der Schulzeit beklagte. Ich wollte nie glauben, dass es noch etwas Schlimmeres geben könnte, und tue es erstaunlicherweise bis heute nicht. Tatsächlich empfand ich das Studium, auch wenn ich zugeben muss, dass man es in der Schule einfacher hatte, als deutlich angenehmer. Der Grund hierfür war vor allem die Entscheidungsfreiheit darüber, mit welchen Themen ich mich beschäftige und wie ich an sie herangehe. Schlussendlich entstand hieraus auch der Wunsch, nach dem Studium in die Forschung zu gehen. Der Begriff „Forschung“ definiert sich für mich über die Auseinandersetzung mit Problemen, deren Lösungen sich nicht „nach Schema F“ herbeiführen lassen. Bei der Bearbeitung solcher Aufgaben wird kreatives und selbstbestimmtes Arbeiten nicht nur ermöglicht, sondern ist zwingend erforderlich.

In meiner Forschungstätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter beschäftige ich mich mit der Simulation neuartiger Fahrzeug-Scheinwerfer. Hierbei besteht die Herausforderung darin, das von diesen hochauflösenden und dynamischen Scheinwerfern ausgesandte Licht in einer virtuellen Szene darzustellen. Die Steuerung der Scheinwerfer kann über Software oder das reale Steuergerät erfolgen. So werden Tests in Form von virtuellen Nachtfahrten bereits vor einer prototypischen Umsetzung der Scheinwerferkomponenten ermöglicht. Mein Ziel dabei ist die Minimierung des Testaufwands durch reale Nachtfahrten. Damit einher geht die Vermeidung gefährlicher Fahrversuche sowie eine erhebliche Zeit- und Kostenersparnis im Entwicklungsprozess.

## Nico Rüdtenklau

M.Sc.  
Control Engineering and Mechatronics

In 2009, I started a dual study of computer science at Paderborn University at Siemens AG. In the course of my studies, I noticed that I was particularly enthusiastic about the interaction of software and physical systems. Therefore, after graduating with a bachelor's degree in computer science in 2012, I decided to start studying mechanical engineering, in which I focused on mechatronic systems from the very beginning. Then, in 2017, I was given the opportunity at the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup under the direction of Professor Trächtler to continue in this direction as a research assistant.

School – study – work, that's what I was told, life sorts itself from sublime comfort to all-day drudgery. “Wait until you start to study!” or later “...to work!” were familiar reactions when I complained about homework, long school days and other deprivations of school time. I never wanted to believe that there could be anything worse, and surprisingly, I still don't. In fact, even though I have to admit that it was easier at school, I found my studies much more pleasant. The main reason for that was the freedom to decide which topics to deal with and how to approach them. In the end, this also gave rise to the desire to go into research after my studies. For me, the term “research” is defined by dealing with problems whose solutions cannot be found according to “scheme F”. When working on such tasks, creative and self-determined work is not only made possible but is absolutely necessary.

In my research activity as a scientific assistant, I am engaged in the simulation of novel vehicle headlights. The challenge here is to represent the light emitted by these high-resolution and dynamic headlights in a virtual scene. The headlights can be controlled by software or the real control unit. This enables tests in the form of virtual night drives to be carried out even before the headlamp components are prototypically implemented. My goal is to minimise the testing effort by real night driving. This goes hand in hand with the avoidance of dangerous driving tests, as well as considerable time and cost savings in the development process.

---

## 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 Grundsatzfragen 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 5251 | 60 24 11

 [kw.upb.de/fach-philosophie](http://kw.upb.de/fach-philosophie)

---

## Reflecting on Science and Technology

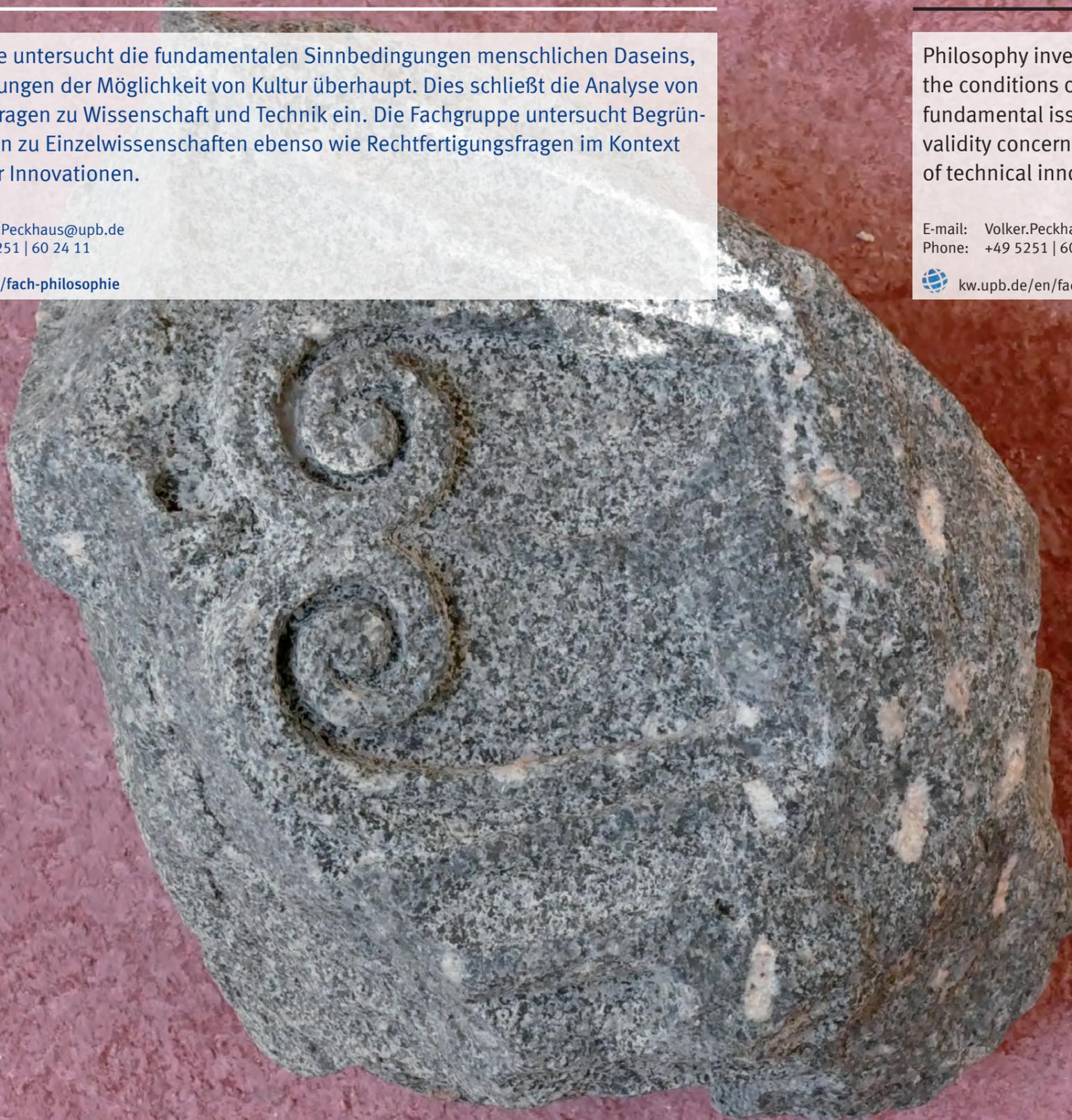
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

---

Philosophy investigates the fundamental meaning conditions of human existence, 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 5251 | 60 24 11

 [kw.upb.de/en/fach-philosophie](http://kw.upb.de/en/fach-philosophie)



## 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.

### Projekt Leichtbau durch neuartige Hybridwerkstoffe

Die Fachgruppe ist darüber hinaus verantwortlich für die philosophische Begleitforschung im EFRE-Projekt „Leichtbau durch neuartige Hybridwerkstoffe“. Im Anschluss an die Analyse und Rekonstruktion der normativen Argumentationen der involvierten Disziplinen werden die verwendeten Wertesysteme deontologisch modelliert. Diese kritische Reflexion steht im Dienst einer verantwortungsbewussten technischen Rationalität.

## Workgroup Philosophy of Science and Technology

Assessment of scientific and applied research demands deliberate rational standards that are proved to be theoretically sound. Regarding both form and content, we study their conditions by way of historical analyses and systematic enquiries. Our main concerns are with the development of symbolic logic, formal semantics, as well as with the philosophy of mathematics and the natural sciences.

### Conditions of Scientific Action

Our team is above all dedicated to the logical and cognitive conditions of knowledge and scientific action. Our teaching intends to convey the philosophical approach of querying propositions and of discursively assessing problems relating to these issues. Emphasis is placed on the philosophy of science, epistemology and methodology, and also on the philosophy of technology in its anthropological dimension. These are aids to considering norms for the assessment of the impacts of technological invention.

### Teaching Philosophy

Our workgroup's topics are integrated into the respective areas of study of several degree programmes. They belong to the academic subject Philosophy, which can be chosen as an optional subject in both the Cultural Studies B.A. and the master's degree programme as well as in our teacher training courses. Philosophy is also a supplementary optional subject in the Information Sciences and Mathematics B.A. programmes.

### History of Logic, Mathematics and Computer Sciences

One of our core areas of research is the history of logic and studies in the foundations of mathematics. We focus on the deployment of logic into Mathematical Logic and Proof Theory. Here, the emergence of new sub-disciplines of mathematics and theoretical computer science is viewed in the light of interplay processes between philosophy and mathematics.

### Formal Logic and Mathematical Practice

Our research concentrates on 19th and early 20th century controversies concerning the role of formal logic, a particular subject of debate among mathematicians. We consider their discussions as the expression of an endeavour to overcome foundational problems that had arisen from mathematical practice. Therefore revising logic stems from the pragmatic goal of enabling the working mathematician to make unobstructed progress within 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 biobibliographic "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.

### Project on Lightweight Construction through Novel Hybrid Materials

Furthermore, the workgroup is responsible for the philosophical investigations within the EFRE-project "Lightweight construction through novel hybrid materials". After analysing and reconstructing the normative aspects in the argumentation-schemes of the cooperating disciplines, the involved systems of values will be modelled by means of deontic logic. This kind of reflection is at the service of a conscientious technical rationality.

## Integrative Wertesysteme

im EFRE-Projekt Leichtbau durch neuartige Hybridwerkstoffe

Im Rahmen des EFRE-Projektes LHybS wird eine modale Diskurslogik zur formalen Modellierung von Wertesystemen in den Ingenieurwissenschaften entwickelt. Hierzu bedarf es philosophischer Maßarbeit, damit die kritische Analyse gelingen kann.

### Werte in den Ingenieurwissenschaften

In den Ingenieurwissenschaften repräsentieren Funktionalität, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Gesundheit, Umweltqualität, gesamtwirtschaftlicher Wohlstand, Gesellschaftsqualität und Persönlichkeitsentfaltung zentrale Wertekategorien. In den frühen 1990ern erarbeitete der Verband Deutscher Ingenieure (VDI) mit einer Richtlinie zu den Begriffen und Grundlagen der Technikbewertung ein Werteoktagon, bei dem die erwähnten Kriterien in ihren komplexen Funktionalitäts- und Konfliktbeziehungen dargestellt wurden. Eines der Resultate, die im Rahmen der philosophischen Begleitforschung im EFRE-Projekt LHybS (02/16–01/19) durch deontologische Modellierung normativer Argumentationen begründet werden konnten, besteht in der Einsicht, dass das Wertepolygon in der Hybridleichtbauforschung philosophisch reifer ist als der VDI-Standard. Im klassischen Werteoktagon werden Werte einander beigeordnet behandelt nach ihren Konkurrenzrelationen, weil Zielkonflikte häufig eine partielle wechselweise Realisierung einzelner Werte ausschließen. So stehen beispielsweise ökonomische Einzelinteressen häufig in einem Zielkonflikt mit der Ressourcenschonung oder der Minimierung von Emissionen. Das gilt für viele technische Kontexte, allerdings nicht vollumfänglich für den Leichtbauansatz. Dessen vorrangiges Ziel besteht in der Reduzierung der Masse einer Struktur, während alle weiteren Materialeigenschaften (wie etwa Steifigkeit und Festigkeit) mindestens genauso gut verwirklicht sein müssen.

### Integrative Wertesysteme im Hybridleichtbau

Das Wertepolygon in der Hybridleichtbauforschung operiert mit einem integrativen Wertekomplex. Bei einem integrativen Wertekomplex werden die einzelnen Werte nicht unabhängig voneinander formuliert. Sie bilden vielmehr ein einheitliches Ganzes. Dafür werden die nichttechnischen Werte in die differenzierte Formulierung der technischen Werte sorgfältig mit einbezogen. Deshalb repräsentieren Werte wie Umweltqualität und Sicherheit in der Hybridleichtbauforschung integrative Werte, weil sie nicht additiv beigeordnet werden, sondern sie bilden einen integralen Bestandteil der technischen Rationalität des gesamten Ansatzes. Basal hierfür sind die

Werte der Funktionsfähigkeit sowie Wirtschaftlichkeit, denn Hybridwerkstoffe müssen bei geringerem Gewicht nicht nur dieselben Vorzüge wie vergleichbare konventionelle Materialien besitzen, sondern sie sollten auch mit einem hohen Automationsgrad sowie niedrigen Zykluszeiten hergestellt werden können. Gelingt diese technische wie auch ökonomische Machbarkeit, dann kann mit dem Hybridleichtbauansatz unter anderem überzeugend der Wert der Umweltqualität verfolgt werden. Führt das Verbauen von Hybridwerkstoffen etwa in Fahrzeugen zur Gewichtsreduktion, dann verbrauchen diese Fahrzeuge nicht nur weniger Kraftstoff (Ressourcenschonung), sondern sie stoßen auch weniger Schadstoffe aus (Minimierung von Emissionen).

 **Priv.-Doz. Dr. Matthias Wille**  
E-Mail: willem@mail.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 27 22

 Gefördert durch: Europäischer Fond für regionale Entwicklung der EU sowie dem Land NRW  
Projektträger: LeitmarktAgentur.NRW,  
Forschungszentrum Jülich GmbH

 [www.tecup.de/lhybs](http://www.tecup.de/lhybs)

## Integrative value systems

in EFRE-project Lightweight construction by novel hybrid materials

Within the ERDF-project LHybS, a modal discourse logic is being developed for formal modelling value systems in engineering sciences. For this purpose of critical analysis, philosophical custom work is required.

### Values in the engineering sciences

Within engineering sciences functionality, safety, profitability, health, environmental quality, economic welfare, social quality, and personal development are representing central categories of values. In the early 1990s, the Association of German Engineers (VDI) developed a value-octagon within a guideline for the concepts and foundations of technology assessment, representing their complex functional as well as conflict relations. One of the results, established by accompanying philosophical research within ERDF-project LHybS (02/16–01/19) and by deontological modelling of normative argumentations within the project, consists in the insight that the value-polygon applied in lightweight research is philosophically more mature than the VDI-standard. The classical value-octagon treats values as adjunct to each other and along the several competition relations, since conflicting aims exclude normally an alternately partial realisation of several values. Economic interests, for instance, are often in conflict with the support of such aims as resource conservation and minimalisation of emissions. This holds for several technical contexts, but not completely for the account of lightweight construction. The prior aim of this account is constituted by the reduction of the weight of a structure, whereas all other material properties (like rigidity and stability) had to be realised at least as good.

### Integrative value systems within hybrid lightweight construction

The value-polygon in hybrid lightweight research is operating with and integrative value-complex. In the case of an integrative value-complex, the singular values are not specified independently from each other. Rather, they are representing an integral whole. For that reason, the non-technical values are considered carefully while formulating the technical ones in more detail. Therefore, values as environmental quality and safety are representing integrative values in hybrid lightweight research, since they are not adjunct to each other but they form integral components of the technical rationality of the whole account. The values of functionality and profitability are basal even for this account, since hybrid materials not only have

to be a reduced weight while securing any other advantages of comparable conventional materials, but they should also be manufactured with a high level of automation as well as with low cycle times. If this technical and economic feasibility succeeds, a value like environmental quality could be pursued convincingly too. If the use of hybrid materials within vehicles leads to a reduction of weight, these vehicles not only need lower fuel consumption (resource conservation), but they also emit fewer pollutants (minimalisation of emissions).

 **Priv.-Doz. Dr. Matthias Wille**  
E-mail: willem@mail.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 27 22

 Supported by: European Regional Development Fund by the EU and NRW  
Project management: LeitmarktAgentur.NRW,  
Forschungszentrum Jülich GmbH

 [www.tecup.de/lhybs](http://www.tecup.de/lhybs)



»» Je normaler unsere Gesellschaft uns erscheint, umso wichtiger wird es, die Konstruktionsregeln dieses „Normalen“ durch kritische Philosophie herauszustellen und Formen des Widerstands gegen die systematische Ausgrenzung des „Anormalen“ zu entwickeln. ««

»» The more normal our society appears to us, the more important it becomes to understand the rules of the construction of such “normality” through critical philosophy and to provide a means of resistance against the systematic exclusions of the “abnormal”. ««

---

## Niklas Corall

M.A.  
Wissenschaftstheorie  
und Philosophie der Technik

---

Im Sommer 2018 verlegte ich meine Promotion an die Universität Paderborn und wurde Teil der Fachgruppe von Professor Peckhaus. Nach meinem Studium der Philosophie, Soziologie und Psychologie an der Universität Tübingen wurde mein Werdegang stark durch meine klügere und zielstrebigere Frau geprägt, der ich nach Heidelberg folgte. Dort gab ich während ihrer naturwissenschaftlichen Promotion Lehraufträge an der Universität Heidelberg und begann meine Promotion zu Nietzsche an der Universität Erfurt. Auch die Universität Paderborn rekrutierte zunächst meine Frau, sodass ich wieder meine Sachen packte und dank Lehraufträgen hier Fuß fassen konnte. Seit 2016 genieße ich nun das akademische Leben als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fach Philosophie. Paderborn ist unsere Heimat geworden, sodass ich neben der Arbeit meine Zeit mit Band, einem tollen Musikernetzwerk und in letzter Zeit vor allem mit Fotografie verbringe.

In der akademischen Lehre verfolge ich eine kritische Sozialphilosophie und behandle die auch in modernen, demokratischen Gesellschaften systematisch auftretenden Phänomene der Unterdrückung, Ausgrenzung und Normierung, dies in Auseinandersetzung mit Denkern wie Nietzsche, Foucault und der philosophischen Postmoderne. Die Aufgabe der Philosophie kann meiner Meinung nach nicht allein darin bestehen, bereits vorherrschende Wertvorstellungen zu stützen, sondern gerade sie muss auch den Menschen, die innerhalb moderner Gesellschaft ausgeklammert werden, eine Stimme verleihen.

Meine Dissertation bewegt sich weg von der Frage nach der Möglichkeit von Wahrheit und hin zur Untersuchung, wie Machteffekte an Wahrheitsansprüche geknüpft sind. In einer Gegenwart, die nicht mehr von absoluten Grundlagen von Moral und Werten ausgeht, ist es wichtig, das Zustandekommen sozialer „Selbstverständlichkeiten“ zu reflektieren. Warum z. B. erlaubt eine psychologische Einstufung als „geisteskrank“ eine Abweisung jedweder Autonomieansprüche einer Person – eine Einstufung, die nicht nur historisch auch auf politisch Andersdenkende, freidenkende Frauen oder LGBT-Aktivistinnen angewendet wurde. Warum führen medizinische Kategorisierungen zu politischen Vorschriften, die festlegen, was wir mit unseren Körpern zu tun und zu lassen haben? Im Zentrum meiner Arbeit steht demnach die Frage, warum wir freiwillig unser Selbstverständnis und Handeln an gesellschaftlich produzierte Kategorien oder algorithmische Auswertungen binden, warum wir willig sind, uns objektiv erklären zu lassen, wer wir sind und was wir wollen.

---

## Niklas Corall

M.A.  
Philosophy of Science and Technology

---

In 2018, I moved my PhD project to the workgroup of Professor Peckhaus. After finishing my studies of Philosophy, Sociology and Psychology at Tübingen University, I followed my much brighter and more determined wife to Heidelberg, where I offered classes through teaching assignments at Heidelberg University. While she finished her PhD in the natural sciences, I started mine on the philosophy of Nietzsche at Erfurt University. It was also my wife who was originally recruited by Paderborn University, so I packed my bags once more and managed to gain a foothold as a research assistant at the Philosophy Department of Paderborn University in 2016. Since then, Paderborn has become our home and between band practices, concerts and a wonderful network of musicians with which we organise events throughout Paderborn, I spend most of my free time with photography.

Academically, I offer an alternative perspective on modern societies, as I use the likes of Nietzsche and Foucault as well as other representatives of the so-called postmodern philosophy to critically reflect upon processes of marginalisation, oppression or normalisation within modern democratic societies. It is my understanding that philosophy should not primarily be focused on defending and extending the predominant sets of values and morals, but to also provide support for those who are still being excluded from participation in modern societies.

My dissertation moves away from the question of whether or not truth is achievable, and instead turns towards the question as to which effects of power are directly connected with truth claims. As we live in a time in which we have refrained from considering any absolute foundation of morals and values as valid, it becomes even more important to critically reflect upon the seemingly “natural” processes and institutions of modern society. Why, for example, can a psychiatric evaluation as “mentally ill” result in the complete dismissal of a person’s autonomy – an evaluation that has targeted outspoken women, political dissidents or LGBT-activists, and not only in the distant past. How can medical evaluations result in policies that tell people what to do and not to do with their bodies? In general, my dissertation revolves around the question as to why we are willingly outsourcing our self-conceptualisation towards socially produced categories or, more recently, algorithmic analyses – or rather, why we let ourselves be bound by these categories.

---

## 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

### Publikationen Publications

Bodden, Eric: Self-adaptive static analysis. In: International Conference for Software Engineering (ICSE), New Ideas and Emerging Results Track, 30. Mai – 1. Jun. 2018

Bodden, Eric: State of the systems security. In: International Conference for Software Engineering (ICSE), Technical Briefing, 2018

Bodden, Eric: The Secret Sauce in Efficient and Precise Static Analysis. In: Proceedings of the 7th ACM SIGPLAN International Workshop on State Of the Art in Program Analysis, SOAP 2018, S. 84 – 92, Jul. 2018

Fockel, Markus; Holtmann, Jörg; Koch, Thorsten; Schmelter, David: Formal, Model- and Scenario-based Requirement Patterns. In: 6th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD 2018), Jan. 2018

Geismann, Johannes: Traceable Threat Modeling for Safety-critical Systems. In: IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C 2018), S. 41 – 42, 30. Apr. – 4. Mai 2018

Geismann, Johannes; Gerking, Christopher; Bodden, Eric: Towards Ensuring Security by Design in Cyber-Physical Systems Engineering Processes. In: Kuhmann, Marco; O'Connor, Rory V.; Houston, Dan (Hrsg.) International Conference on Software and System Process (ICSSP 2018), 26. – 27. Mai 2018

Geismann, Johannes; Höttger, Robert; Krawczyk, Lukas; Pohlmann, Uwe; Schmelter, David: Automated Synthesis of a Real-Time Scheduling for Cyber-Physical Multi-core Systems. In: Pires, Luís Ferreira; Hammoudi, Slimane; Selic, Bran (Hrsg.) Model-Driven Engineering and Software Development, Band 1, S. 72 – 93, Cham, 19. – 21. Feb. 2018, Springer International Publishing

Gerking, Christopher: Specification of Information Flow Security Policies in Model-Based Systems Engineering. In: International Workshop on Security for and by Model-Driven Engineering (SecureMDE 2018), 25. Jun. 2018

Gerking, Christopher; Schubert, David: Towards

Preserving Information Flow Security on Architectural Composition of Cyber-Physical Systems. In: European Conference on Software Architecture (ECSA 2018), 24. – 28. Sep. 2018

Gerking, Christopher; Schubert, David; Bodden, Eric: Model Checking the Information Flow Security of Real-Time Systems. In: International Symposium on Engineering Secure Software and Systems (ESSoS 2018), 26. – 27. Jun. 2018

Koch, Thorsten: Towards Scenario-based Security Requirements Engineering for Cyber-Physical Systems. In: International Workshop on Security for and by Model-Driven Engineering (SecureMDE 2018), 25. Jun. 2018

Koch, Thorsten; Holtmann, Jörg; Lindemann, Timo: Model-Driven STEP Application Protocol Extensions Combined with Feature Modeling Considering Geometrical Information. In: Pires, Luís Ferreira; Hammoudi, Slimane; Selic, Bran (Hrsg.) Revised Selected Papers of the 5th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development, Communications in Computer and Information Science, Band 880, S. 173 – 197. Springer International Publishing, Jan. 2018

Krüger, Stefan; Späth, Johannes; Ali, Karim; Bodden, Eric; Mezini, Mira: CrySL: An Extensible Approach to Validating the Correct Usage of Cryptographic APIs. In: European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), S. 10:1 – 10:27, Jul. 2018

Nguyen, Lisa; Bodden, Eric; Wehrheim, Heike: Gamifying Static Analysis. In: ESEC/FSE 2018: Joint meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering - New Ideas Track, 4. – 9. Nov. 2018

Nguyen, Lisa; Krüger, Stefan; Hill, Patrick; Ali, Karim; Bodden, Eric: Debugging Static Analysis. IEEE Transactions on Software Engineering: S. 1 – 1 2018

Nguyen, Lisa; Krüger, Stefan; Hill, Patrick; Ali, Karim; Bodden, Eric: VISUFLOW, a Debugging Environment for Static Analyses. In: International Conference for Software Engineering (ICSE), Tool Demonstrations Track, 1. Jan. 2018

Pauck, Felix; Bodden, Eric; Wehrheim, Heike: Do Android Taint Analysis Tools Keep their Pro-

## Software Engineering

Prof. Dr. Eric Bodden

mises?. In: ESEC/FSE 2018: Joint meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering, 4. – 9. Nov. 2018

Tichy, Matthias; Bodden, Eric; Kuhmann, Marco; Wagner, Stefan; Steghöfer, Jan-Philipp (Hrsg.) Software Engineering und Software Management 2018, Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik, SE 2018, 5. – 9. März 2018, Ulm, Germany. LNI, Band P-279, Mrz. 2018, Gesellschaft fuer Informatik

Tip, Frank; Bodden, Eric (Hrsg.) Proceedings of the 27th ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis, ISSTA 2018, Amsterdam, The Netherlands, July 16 – 21, 2018., Jul. 2018, ACM

### Promotionen PhD Theses

Uwe Pohlmann  
**A Model-driven Software Construction Approach for Cyber-physical Systems**  
Informatiker und Systemingenieure realisieren innovative Funktionen von cyber-physischen Systemen durch die Vernetzung von vormalig unabhängigen Systemen. Die Entwicklung dieser Systeme wird schwieriger, weil die Systemkomplexität, die Menge an sicherheitskritischer Software, die Heterogenität der verwendeten Plattformen und der Vernetzungsgrad stetig ansteigen. Jedoch bedienen existierende modellgetriebene Entwicklungsansätze die verschiedenen Bedürfnisse der beteiligten Informatiker und Ingenieure während der verschiedenen Entwicklungsaufgaben nicht effizient genug.

Die Dissertation fokussiert sich auf die Konstruktionsschritte Validierung der Systemintegration, Zuordnung von Systemressourcen und auf die Implementierung. Sie stellt einen durchgängig modellgetriebenen Entwicklungsansatz für interagierende cyber-physische Systeme vor, welche durch heterogene, verteilte Software und Hardwareplattformen gekennzeichnet sind. Der entwickelte Ansatz beinhaltet Verfahren für die Systemintegrationsvalidierung mittels „Model-in-the-Loop“ Simulation, die automatische oftwareverteilung, welche durch Entwurfsanforderungen stark beschränkt ist und die generative Softwarekonstruktion. Dementsprechend stellt der Ansatz die Systemsicherheit in Bezug auf systematische Fehler während der

verschiedenen Entwicklungsaufgaben sicher. Er ermöglicht Informatikern und Ingenieuren Entwurfs- und Implementierungsfehler frühzeitig zu entdecken und im Folgenden systematisch zu vermeiden. Hierdurch verbessert der Ansatz die Zuverlässigkeit der Systeme während ihres Betriebs. Die Ergebnisse wurden erfolgreich in den Entwicklungsansatz MechatronicUML integriert und als Open Source Software veröffentlicht ([www.mechatronicuml.org](http://www.mechatronicuml.org)).

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**Dagstuhl Seminar 18034, Software Engineering Research Methods**

14.01. – 17.01.2018, Schloss Dagstuhl, Germany

**Software Engineering Conference of the German Gesellschaft für Informatik, GI (SE)**

06.03. – 09.03.2018, Ulm, Germany

**Paderborner Tag der IT-Sicherheit**

21.03. – 22.03.2018, Paderborn, Germany

**European Workshop on Usable Security (EuroUSEC)**

23.04.2018, London, England

**Sicherheit 2018 – Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit – Schutz und Zuverlässigkeit der Gesellschaft für Informatik**

25.04. – 27.04.2018, Konstanz, Germany

**International Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI)**

18.06. – 22.06.2018, Philadelphia, Pennsylvania, USA

**International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA) 2018**

15.07. – 21.07.2018, Amsterdam, The Netherlands

**Program Analysis Hackathon “Panathon” at ECOOP/ISSTA 2018**

19.07.2018, Amsterdam, The Netherlands

**International Conference on Automated Software Engineering (ASE)**

03.09. – 07.09.2018, Montpellier, France

**Heise devSec**

16.10. – 18.10.2018, Heidelberg, Germany

**International Conference on Runtime Verification (RV)**

10.11. – 13.11.2018, Limassol, Cyprus

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- Distinguished Paper Award for paper “Do Android Taint Analysis Tools Keep their Promises?” at the ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE 2018)
- Oracle Collaborative Research Award for Prof. Bodden

### 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 chair of the International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA) 2018
- Program chair of the Software Engineering Conference of the German Gesellschaft für Informatik, GI (SE) 2018
- 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. Zusammen mit Mira Mezini's 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. Das Ziel ist es, 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 – 2019*

**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 Program-

miersprache 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 – 2018*

#### **SFB 901 „On-The-Fly Computing“ (2. Förderphase)**

Die Zielsetzung des SFB 901 On-The-Fly Computing (OTF Computing) liegt in der Entwicklung von Techniken und Verfahren zur automatischen on-the-fly Konfiguration und Ausführung von individuellen IT-Dienstleistungen aus Services, die auf weltweit verfügbaren Märkten gehandelt werden. Die Fachgruppe ist an folgenden Teilprojekten maßgeblich beteiligt: Teilprojekt B1: Parametrisierte Servicespezifikation,

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 01.7.2015 – 30.6.2019*

#### **NRW-Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“**

Im NRW-Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten“ befassen sich Doktorandinnen und Doktoranden der Universitäten Bielefeld und Paderborn mit den Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten. Der Einzug von Cyber-Physical Systems in die industrielle Produktion stellt vielfältige Herausforderungen an die neuartige Rolle des Menschen in einem System hochgradig vernetzter Produktionsanlagen. Zielsetzung des Fortschrittskollegs ist die interdisziplinäre Mitgestaltung dieser zukünftigen Arbeitsbedingungen unter Beteiligung von Geistes- und Ingenieurwissenschaften sowie Einbindung von Branchenverbänden, Gewerkschaften und Industriepartnern. Die Fachgruppe Softwaretechnik ist maßgeblich am Themenbereich 3 „Anforderungsorientiertes Systems Engineering“ beteiligt.

*Förderinstitution: Ministerium für Wissenschaft und Forschung*

*Laufzeit: 01.08.2014 – 31.12.2018*

#### **EU-ERASMUS Mundus Projekt, EUROWEB+ – “European Research and Educational Collaboration with Western Balkans”**

Ziel ist es, die Bildung eines europäischen

und westbalkanischen akademischen Mobilitätsnetzes für das Erreichen hervorragender Leistungen in der Forschung, in der Lehre und im Technologietransfer.

*Förderinstitution: EU*

*Förderzeitraum: 15.07.2014 – 14.07.2018*

#### **EU-ERASMUS Mundus Projekt, GREEN TECH WB – “Smart and Green Technologies for Innovative and Sustainable Societies in Western Balkans”**

„GREEN TECH WB“ – Die Ziele des Projektes sind auf die Entwicklung und Vertiefung der weiteren Zusammenarbeit zwischen der Europäischen Union und den Westbalkanländern im Hochschulbereich ausgerichtet. Durch das Projekt werden insbesondere die Mobilität der begabtesten Studierenden aller Stufen (Bachelor, Master, Doktoranden und Postdoktoranden) und des Hochschulpersonals sowie die Beschäftigungsfähigkeit, die Forschung und der Technologietransfer gestärkt.

*Förderinstitution: EU*

*Laufzeit: 15.07.2014 – 14.07.2018*

#### **GREEN TECH WB**

Die Ziele des Projektes sind auf die Entwicklung und Vertiefung der weiteren Zusammenarbeit zwischen der Europäischen Union und den Westbalkanländern im Hochschulbereich ausgerichtet. Durch das Projekt werden insbesondere die Mobilität der begabtesten Studierenden aller Stufen (Bachelor, Master, Doktoranden und Postdoktoranden) und des Hochschulpersonals sowie die Beschäftigungsfähigkeit, die Forschung und der Technologietransfer gestärkt.

*Förderinstitution/Funding: EU*

*Laufzeit/Term: 15.07.2014 – 14.07.2018*

#### **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 früher

zu erkennen.

*Förderinstitution: Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF)*

*Laufzeit: 15.09.2017 – 30.08.2021*

#### **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.

*Laufzeit: 2018 – 2021*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- dSpace, Paderborn
- Mindsquare
- Reply
- Software AG
- Maschinenbauinstitut VDMA
- SAP
- IBM

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Mälardalen Universität, Schweden, Prof. S. Punnekkat
- Universität aus Banja Luka, Bosnien und Herzegowina Prof. Dr. Petar Maric
- Universität aus Belgrad, Republik Serbien, Prof. Dr. Blagoje Paunovic
- Staatsuniversität „Montenegro“ aus Podgorica, Prof. Dr. Andjelko Lojpur
- Universität aus Sarajevo, Bosnien und Herzegowina, Prof. Dr. Samim Konjicija
- Universität „St. Kyrill und Method“ aus Skopje, Mazedonien, Meri Cvetkovska,
- Universität aus Tirana, Albanien, Prof. Dr. Dhori Kule
- Universität Zagreb, Kroatien, Prof. M. Zagar Scientific Cooperations
- Delft University of Technology, Arie van Deursen
- The Open University, Andreas Zisman and Amel Bennaceur
- ABB Corporate Research, USA, David Shepherd
- Vrije Universiteit, The Netherlands, Patricia Lago
- University of Alberta, Canada, Karim Ali
- Concordia University, Canada, Peter Rigby
- Iowa State University, USA, Wei Le
- Polytechnique Montreal, Canada, Bram Adams
- University of Lugano, Swiss, Walter Binder
- Microsoft, USA, Michaela Greiler
- University of Chile, Santiago Chile, Alexandre Bergel
- NC State University, Raleigh, USA, William Enck
- IMDEA, Madria, Spain, Alessandra Gorla
- NC State University, Raleigh, USA, Albert Gorski
- McGill University, Montreal, Canada, Laurie Hendren
- Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, Christian Kästner
- SnT Universität Luxembourg, Luxembourg, Jaques Klein
- SnT Universität Luxembourg, Luxembourg, Yves La Traon
- Penn State University, University Park, USA, Patrick McDaniel
- Northeastern University, Boston, MA, USA, Frank Tip
- Microsoft Research, Redmond, USA, Ben Livshits,
- NC State University, Raleigh, USA, Emerson
- Murphy-Hill
- University of Alberta, Edmonton, Canada, Karim Ali
- University of Alberta, Edmonton, Canada, Sarah Nadi
- Google Inc., Mountain View, USA, Domagoj Babic
- Oracle Inc., Boston, MA, USA, Denis Pilipchuk
- Oracle Labs, Brisbane, Australia, Cristina Cifuentes
- University of Campinas, Campinas, Brasil, Ricardo Dahab
- University of Campinas, Campinas, Brasil, Alexandre Braga
- Google Inc., Zurich, Switzerland, Lisa Nguyen
- University of Oslo, Oslo, Norwegen, Martin Steffen
- University of Bergen, Bergen, Norwegen, Volker Stolz
- University of Oslo, Oslo, Norwegen, Pun Ka I
- Purdue University, West Lafayette, IN, USA, Mathias Payer

## 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

Altintas, Onur; Banerjee, Suman; Dressler, Falko; Heijen, Geert: Executive Summary - Inter-Vehicular Communication Towards Cooperative Driving, Proceedings of Dagstuhl Seminar 18202 - Inter-Vehicular Communication Towards Cooperative Driving, Schloss Dagstuhl, Wadern, Germany, pp. 31–59, May 2018

Amjad, Muhammad Sohaib; Nawaz, Haq; Ozsoy, Kerem; Gurbuz, Ozgur; Tekin, Ibrahim: A Low-Complexity Full-Duplex Radio Implementation With a Single Antenna, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 67 (3), pp. 2206–2218, March 2018

Bloessl, Bastian, Dressler, Falko: mSync: Physical Layer Frame Synchronization Without Preamble Symbols. IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 17 (10), pp. 2321–2333, October 2018

Bloessl, Bastian; Segata, Michele; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: Performance Assessment of IEEE 802.11p with an Open Source SDR-based Prototype, IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 17 (5), pp. 1162–1175, May 2018

Bronner, Fabian; Sommer, Christoph: Efficient Multi-Channel Simulation of Wireless Communications. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2018), Taipei, Taiwan, December 2018

Buse, Dominik S.; Schettler, Max; Kothe, Nils; Reinold, Peter; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: Bridging Worlds: Integrating Hardware-in-the-Loop Testing with Large-Scale VANET Simulation, Proceedings of 14th IEEE/IFIP Conference on Wireless On demand Network Systems and Services (WONS 2018), Isola 2000, France, pp. 33–36, February 2018

Buse, Dominik S.; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: Integrating a Driving Simulator with City-Scale VANET Simulation for the Development of Next Generation ADAS Systems, Proceedings of 37th IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM 2018), Demo Session, Honolulu, HI, April 2018

Djahel, Soufiene; Sommer, Christoph; Marconi, Annapaola: Guest Editorial: Introduction to the

Special Issue on Advances in Smart and Green Transportation for Smart Cities," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 19 (7), pp. 2152–2155, July 2018

Dressler, Falko: Cyber Physical Social Systems: Towards Deeply Integrated Hybridized Systems, Proceedings of IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications (CNC 2018), Maui, HI, pp. 420–424, March 2018

Dressler, Falko; Klingler, Florian; Segata, Michele; Lo Cigno, Renato: Cooperative Driving and the Tactile Internet. Proceedings of the IEEE, 2018

Dressler, Falko; Klingler, Florian; Sommer, Christoph; Cohen, Reuven: Not All VANET Broadcasts Are the Same: Context-Aware Class Based Broadcast, IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 26 (1), pp. 17–30, February 2018

Duda, Niklas; Nowak, Thorsten; Hartmann, Markus; Schadhauer, Michael; Cassens, Björn; Wagemann, Peter; Nabeel, Muhammad; Ripperger, Simon; Herbst, Sebastian; Meyer-Wegener, Klaus; Mayer, Frieder; Dressler, Falko; Schröder-Preikschat, Wolfgang; Kapitza, Rüdiger; Robert, Jörg; Thielecke, Jörn; Weigel, Robert; Kölpin, Alexander: BATS: Adaptive Ultra Low Power Sensor Network for Animal Tracking. Sensors, vol. 18 (10), pp. 3342–35, October 2018

Eckhoff, David; Sommer, Christoph: Readjusting the Privacy Goals in Vehicular Ad-hoc Networks: A Safety-preserving Solution Using Non-Overlapping Time-slotted Pseudonym Pools, Elsevier Computer Communications, vol. 122, pp. 118–128, June 2018

Erlacher, Felix; Dressler, Falko: FIXIDS: A High-Speed Signature-based Flow Intrusion Detection System, Proceedings of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2018), Taipei, Taiwan, April 2018

Erlacher, Felix; Dressler, Falko: How to Test an IDS? GENESIDS: An Automated System for Generating Attack Traffic. Proceedings of ACM SIGCOMM 2018, Workshop on Traffic Measurements for Cybersecurity (WTMC 2018), Budapest, Hungary, pp. 46–51, August 2018

Erlacher, Felix; Dressler, Falko: Testing IDS using GENESIDS: Realistic Mixed Traffic Generation for IDS Evaluation. Proceedings of ACM SIGCOMM 2018, Demo Session, Budapest, Hungary, pp. 153–155, August 2018

Erlacher, Felix; Dressler, Falko; Fischer, Jan-Thomas: New Insights on a Sensor Network based Measurement Platform for Avalanche Dynamics. Proceedings of International Snow Science Workshop (ISSW 2018), Innsbruck, Austria, October 2018

Hagenauer, Florian; Sommer, Christoph; Higuchi, Takamasa; Altintas, Onur; Dressler, Falko: Vehicular Micro Cloud in Action: On Gateway Selection and Gateway Handovers. Elsevier Ad Hoc Networks, vol. 78, pp. 73–83, September 2018

Heinovski, Julian; Dressler, Falko: Platoon Formation: Optimized Car to Platoon Assignment Strategies and Protocols. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2018), Taipei, Taiwan, December 2018

Heinovski, Julian; Klingler, Florian; Dressler, Falko; Sommer, Christoph: A Simulative Analysis of the Performance of IEEE 802.11p and ARIB STD-T109, Elsevier Computer Communications, vol. 122, pp. 84–92, June 2018

Higuchi, Takamasa; Dressler, Falko; Altintas, Onur: How to Keep a Vehicular Micro Cloud Intact, Proceedings of 87th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2018-Spring), Porto, Portugal, June 2018

Higuchi, Takamasa; Pannu, Gurjashan Singh; Dressler, Falko; Altintas, Onur: Content Replication in Vehicular Micro Cloud-based Data Storage: A Mobility-Aware Approach. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2018), Taipei, Taiwan, December 2018

Klingler Florian; Dressler, Falko; Sommer, Christoph: The Impact of Head of Line Blocking in Highly Dynamic WLANs. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 67 (8), pp. 7664–7676, August 2018

Klingler, Florian; Blobel Johasnes, Dressler, Falko: Agriculture meets IEEE 802.11p: A Feasibility Study. Proceedings of 15th IEEE International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2018), Lisbon, Portugal, August 2018

Klingler, Florian; Cohen, Reuven; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: Bloom Hopping: Bloom filter based 2-Hop Neighbor Management in VANETs. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2018

Koepke, Jan; Kaltschmidt, Christian; Illian, Marvin; Puknat, Robert; Kneuper, Pascal; Weitemeier, Steffen; Memedi, Agon; Tebruegge, Claas; Sohaib Amjad, Muhammad; Kruse, Stephan; Kress, Christian; Scheytt, Christoph; Dressler, Falko: Poster: First Performance Insights on Our Novel OFDM-based Vehicular VLC Prototype. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2018), Poster Session, Taipei, Taiwan, December 2018

Kruse, Stephan; Kress, Christian; Memedi, Agon; Tebruegge, Claas; Sohaib Amjad, Muhammad; Scheytt, Christoph; Dressler, Falko: Design of an Automotive Visible Light Communications Link using an Off-The-Shelf LED Headlight. Proceedings of 16th GMM/ITG-Fachtagung ANALOG 2018, Munich, Germany, September 2018

Memedi, Agon; Sommer, Christoph; Dressler, Falko: On the Need for Coordinated Access Control for Vehicular Visible Light Communication, Proceedings of 14th IEEE/IFIP Conference on Wireless On demand Network Systems and Services (WONS 2018), Isola 2000, France, February 2018, pp. 121–124

Memedi, Agon; Tebruegge, Claas; Jahneke Julien, Dressler, Falko: Impact of Vehicle Type and Headlight Characteristics on Vehicular VLC Performance. Proceedings of 10th IEEE Vehicular Networking Conference (VNC 2018), Taipei, Taiwan, December 2018

Nabeel, Muhammad; Bloessl, Bastian; Dressler, Falko: Efficient Receive Diversity in Distributed Sensor Networks using Selective Sample Forwarding. IEEE Transactions on Green Communications and Networking, vol. 2 (2), pp. 336–345, June 2018

Nabeel, Muhammad; Sohaib Amjad, Muhammad; Dressler, Falko: Preamble-Less Diversity Combining: Improved Energy-Efficiency in Sensor Networks. Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2018), Abu Dhabi, UAE, December 2018

Pannu, Gurjashan Singh; Higuchi, Takamasa;

Altintas, Onur; Dressler, Falko: Efficient Uplink from Vehicular Micro Cloud Solutions to Data Centers, Proceedings of 19th IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2018), Chania, Greece, June 2018

Reinold, Peter; Meyer, Norbert; Buse, Dominik S.; Klingler, Florian; Sommer, Christoph; Dressler, Falko; Eisenbarth, Markus; Andert, Jakob: bVerkehrssimulation im Hardware in the Loop Steuergerätestest. Proceedings of MTZ-Fachtagung Simulation und Test - Antriebsentwicklung im digitalen Zeitalter, Hanau, Germany, September 2018

Turcanu, Ion; Klingler, Florian; Sommer, Christoph; Baiocchi, Andrea; Dressler, Falko: Duplicate Suppression for Efficient Floating Car Data Collection in Heterogeneous LTE-DSRC Vehicular Networks, Elsevier Computer Communications, vol. 123, pp. 54–64, June 2018

Yu, Bo; Bai, Fan; Dressler, Falko: Guest Editorial - Connected and Autonomous Vehicles, IEEE Internet Computing, vol. 22 (3), pp. 4–5, May 2018

### Promotionen PhD Theses

Bastian Bloessl  
**A Physical Layer Experimentation Framework for Automotive WLAN**  
Future cars will be equipped with communication modules that allow them to exchange information directly with each other and potentially infrastructure nodes, forming a Vehicular Ad Hoc Network (VANET). Through communication, cars will be able to coordinate and drive cooperatively, which will make transportation safer, more efficient, and more comfortable than ever before. One of the considered technologies for vehicular networks is IEEE 802.11p, a slightly modified version of consumer Wireless LAN (WLAN) that was adapted to better fit the characteristics of vehicular environments. While the decision to rely on readily available technology might ease market introduction, it also raises the question whether a physical layer that was designed for relatively static indoor environments can provide reasonable performance in highly dynamic VANETs. Using Software Defined Radios (SDRs), i.e., fully programmable radios, we are able

to address this question, as they allow us to closely examine and modify the physical waveform. We made SDR accessible for research on VANETs by implementing the first IEEE 802.11p transceiver for GNU Radio, a popular real-time signal processing framework for use in SDRs. Performing all signal processing on a PC, our transceiver is well-suited for rapid prototyping and can be used for simulations as well as real-world experiments, offering a seamless switch from theory to practice. In the first part of the thesis, we detail the design of our IEEE 802.11p transceiver, study its computational complexity, and present results from thorough validations through simulations and interoperability tests. We furthermore show that it is possible to support time-critical functionalities like channel access and automatic gain control without giving up the advantages of a PC implementation. In the second part, we use our transceiver to address selected research questions in VANETs. Here, we conduct field tests to compare the performance of different devices and algorithms in realistic environments and study the impact of noise and intra-technology interference on IEEE 802.11p. Finally, we show a use-case for our transceiver that goes beyond signal processing: With full access to all information down to the physical layer, we develop a novel, robust attack on the location privacy of vehicles and study its impact through network simulations.

### Florian Klingler Efficient Wireless Communication in Vehicular Networks

Wireless communication among vehicles has been shown to be beneficial for a variety of use cases in the automotive domain ranging from pure safety to traffic efficiency and to entertainment applications. To accomplish communication, different protocol stacks have been standardized around the world, e.g., ETSI ITS-G5 in Europe and IEEE 1609 WAVE in the U.S., both building upon IEEE 802.11p WLAN, yet for many applications, efficiency is still a problem. We thus begin this PhD thesis with an analytical investigation of the capacity bounds of IEEE 802.11p. As a first contribution towards efficient wireless communication, we study the performance of IEEE 802.11p based unicast communication, which is, e.g., used by the ETSI ITS-G5 GeoNetworking specification. Our investigations reveal that unicast communication employing retransmissions at the MAC layer is not only not beneficial in vehicular

communications, but maybe harmful in typical scenarios, as it leads to higher communication delays. Based on our findings and current limitations of ETSI ITS-G5, we present as a second contribution a purely broadcast based networking architecture, which categorizes communication demands of applications into four distinct classes. A central building block of our network layer is the support of 2-hop neighbor information using space efficient Bloom filters to provide nodes a better overview of their vicinity. In our third contribution, we take a detailed look on how to properly maintain this neighbor information and propose Bloom Hopping, a 2-hop message dissemination protocol, which operates independently from the road topology. Simulation results show that it can outperform traditional 2-hop approaches (not using Bloom filters) in terms of requiring less channel resources and providing better application performance. As a fourth contribution, we focus on the scalability of vehicular communication by taking advantage of multi-channel operation similar to what has been proposed in IEEE 1609.4 WAVE. In particular, we design a set of scheduling algorithms that answer the question when to send which information on which channel. Results reveal that our system has lower channel resource requirements and provides better application layer performance in comparison to single-channel protocols. As a summary, we believe the work presented in this PhD thesis brings vehicular communication forward in research and one step closer to the road.

#### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

##### ACM NANOCOM 2018 (5th ACM International Conference on Nanoscale Computing and Communication)

17. – 19.09.2018, Reykjavik, Iceland

##### IEEE/IFIP Med-Hoc-Net 2018 (17th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop)

20. – 22.06.2018, Capri, Italy

##### ACM MobiSys 2018 (16th ACM International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services)

11. – 15.06.2018, Munich, Germany

##### Dagstuhl Seminar on Inter-Vehicular Communication - Towards Cooperative Driving

13. – 16.05.2018, Wadern, Germany

##### IEEE INFOCOM 2018 (37th IEEE Conference on Computer Communications)

15. – 19.04.2018, Honolulu, HI

#### Weitere Funktionen Prof. Dressler Additional functions Prof. Dressler

- Associate Editor (since 2017): IEEE Transactions on Network Science and Engineering
- Associate Editor-in-Chief (since 2016): Elsevier Computer Communications
- Associate Editor (since 2013): IEEE Transactions on Mobile Computing
- Editorial Board (since 2009): Elsevier Nano Communication Networks
- Editorial Board (since 2008): Elsevier Ad Hoc Network
- 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
- IEEE COMSOC Confemce Council (2016 – 2017)
- 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)
- Elected steering board member 2017 – 2021, GI/ITG KuVS (German Society for Communication and Distributed Systems)
- Steering Committee, GI/ITG KuVS Fachgespräch Inter-Vehicle Communication
- Steering Committee, ACM/ICST International Workshop on OMNeT++ (now OMNeT++ Community Summit)

#### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

##### 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: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

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  
Förderung/Funding: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Term: 2018 – 2020

##### CarParkComm

The primary objective of this study is to explore the limiting factors of signal propagation in a real-world field operation test in the context of industrial M2M Bluetooth communication. This includes the evaluation of the perceived signal strength and packet delivery rates in line-of-sight and non-line-of-sight setups, as well as static and mobile scenarios. Results of this study will help to identify possible causes for limited wireless communication performance in the car park solution.

Förderung/Funding: Lödige Systems GmbH  
Term: 2018

##### AgriculturalV2V

Recent trends towards autonomous driving are complemented by vehicular networking solutions, leading to what we now call coope-

orative autonomous driving systems. This trend is quite visible to the public in the automotive domain; however, only few know about the massive technological progress in the agricultural world. Here, autonomous driving, i.e., automated harvesting, etc, is already standard and early approaches to cooperative maneuvers have been brought to market already. Within this project we want to study how the solutions known from vehicular networking can be applied to agricultural machines in order to allow cooperative driving maneuvers for an increased efficiency.

Funding: Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF)

Term: 2018

##### 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  
Förderung/Funding: Toyota InfoTechnology Center, USA, Inc., Mountain View, CA

Term: 2017 – 2018

##### 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 – 2019

##### 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, Otokar, 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*

#### **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, Imalat ve Ticaret A.S., 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*

#### **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: National Taiwan University (NTU), E-Lab (HELLA Group), Lippstadt, Germany Förderinstitution/Funding: funded in part by E-Lab (HELLA Group), collaboration with National Taiwan University (NTU)*  
*Term: since 2016*

#### **Hy-Nets – Efficient Hybrid Propulsion using Vehicular Networks**

The objective of the Hy-Nets project is to develop 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: 2016–2018*

#### **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 amMain, 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*

#### **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: 2015–2018*

#### **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: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)*  
*Term: 2012–2019*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF)
- E-Lab (HELLA Group), Lippstadt, Germany
- Lödige Systems GmbH
- Toyota InfoTechnology Center, USA, Inc., Mountain View, CA

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Prof. Danijela Cabric, University of California, Los Angeles, USA
- Prof. Mario Gerla, University of California, Los Angeles, USA
- Prof. Michael Tsai, National Taiwan University, Taiwan
- Prof. Xiuzhen Cheng, George Washington University, USA + Shandong University, China
- Prof. Renato Lo Cigno, University of Trento, Italy
- Prof. Hartmut König, BTU Cottbus, Germany
- Prof. Robert Weigel, FAU Erlangen, Germany
- Prof. Robert Schober, FAU Erlangen, Germany
- Prof. Dongxiao Yu, Shandong University, China
- Prof. Klaus David, University of Kassel, Germany
- Prof. Jiannong Cao, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

## Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

### Publikationen Publications

Fischer, Christoph; Pöhler, Alexander: Supporting the Change to Digitalized Production Environments Through Learning Organization Development. In: Harteis, Christian (Hrsg.) The Impact of Digitalization in the Workplace. An Educational View, S. 141–160, Springer Verlag

Gräßler, Iris: Competitive Engineering in the Age of Industry 4.0 and Beyond. In: Proceedings of the 12th International Tools and Methods of Competitive Engineering, S. XIX–XXVIII, 7.–11. Mai 2018

Gräßler, Iris; Dattner, Michael; Bothen, Martin: Main Feature List as core success criteria of organizing Requirements Elicitation. In: R&D Management Conference 2018 "R&D Designing Innovation: Transformational Challenges for Organizations and Society", 30. Jun.–4. Jul. 2018

Gräßler, Iris; Hentze, Julian; Bruckmann, Tobias: V-Models for Interdisciplinary Systems Engineering. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojcevic, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference, S. 747–756, Mai 2018, DESIGN Conference

Gräßler, Iris; Hentze, Julian; Oleff, Christian: Systems Engineering Competencies in Academic Education. An industrial survey about skills in Systems Engineering. In: 13th System of Systems Engineering Conference (SoSe), S. 542–547, 19.–22. Jun. 2018, IEEE

Gräßler, Iris; Hentze, Julian; Pöhler, Alexander: Self-organizing production systems: Implications for product design. In: 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 18.–20. Jul. 2018, CIRP (Centre for International Research in Production)

Gräßler, Iris; Oleff, Christian; Scholle, Philipp: Methode zur Bewertung von Anforderungsänderungen additiv gefertigter Produkte. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.) Design for X. Beiträge zum 29. DfX-Symposium, S. 333–344, Sep. 2018, DfX Symposium, TuTech Innovation

Gräßler, Iris; Pöhler, Alexander: Intelligent control of an assembly station by integration of

a digital twin for employees into the decentralized control system. In: Procedia Manufacturing - Proceedings of 4th International Conference on System-integrated Intelligence: Intelligent, Flexible and Connected Systems in Products and Production (SysInt), 19.–20. Jun. 2018, CIRP (Center for International Research in Production), Elsevier B.V.

Gräßler, Iris; Pöhler, Alexander: Produktentstehung im Zeitalter von Industrie 4.0. In: Maier, Günter; Engels, Gregor; Steffen, Eckhard (Hrsg.) Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten, S. 1–21, Jan. 2018, Springer-Verlag

Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens; Scholle, Philipp: Influence Factors for Innovation in Digital Self-Preparedness Services and Tools. In: International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management, S. 20–37, 10. Jg. 2018

Gräßler, Iris; Scholle, Philipp; Hentze, Julian; Oleff, Christian: Semi-Automated Assessment of Requirement Interrelations. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojcevic, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference, S. 325–334, Mai 2018, DESIGN Conference

Gräßler, Iris; Taplick, Patrick: Virtual Reality unterstützte Kreativitätstechnik: Vergleich mit klassischen Techniken. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.) Design for X. Beiträge zum 29. DfX-Symposium, S. 215–226, Sep. 2018, DfX Symposium, TuTech Innovation

Gräßler, Iris; Yang, Xiaojun: Bedeutung des Komplexitätsmanagements für die Verbreitung von Leichtbau in Unternehmen zur Unterstützung einer nachhaltigen Produktentstehung. In: Riegraf, Birgit; Berscheid, Anna-Lena (Hrsg.) Wissenschaft im Angesicht „Großer gesellschaftlicher Herausforderungen“ - Das Beispiel der Forschung an hybriden Leichtbaumaterialien, S. 51–70, Jul. 2018, transcript Verlag

Pottebaum, Jens; Schäfer, Christina: IT-Systeme für das Krisenmanagement. In: Reuter, Christian (Hrsg.) Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion, S. 253–276, Jan. 2018, Springer Vieweg

## Product Creation

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

### Weitere Funktionen Additional functions

- Gutachterin für das Thüringische Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft
- 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, Fachausschuss 4.10 "Interdisziplinäre Produktentstehung" (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.15 „Mechatronik“
- VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, Fachausschuss 7.23 „Businessmodelle für Industrie 4.0“
- VDI/VDE-Programmausschuss Mechatronik
- 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

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

**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*  
*Laufzeit: 01.07.2016 – 30.09.2019*

**iBUS – integrated BUSiness model for customer driven custom product supply chain**  
Das iBUS Konsortium erarbeitet ein integriertes Geschäftsmodell und eine entsprechende Plattform für kundenorientierte und kundenspezifische Produkt-Lieferketten, u.a. am Beispiel mittels additiver Fertigung individualisierter Spielzeuge  
*Förderinstitution: Europäische Kommission*  
*Laufzeit: 01.09.2015 – 31.08.2019*

**Fortschrittskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“**  
Themenbereich 1: Flexible Arbeitsprozesse; Arbeitsfeld T1.1: Menschen-zentrierte, adaptive Arbeitsprozesse; Arbeitsfeld T1.2: Veränderungsmanagement; Arbeitsfeld T1.3: Organisationale Gerechtigkeit  
*Förderinstitution: MIWF des Landes Nordrhein-Westfalen*  
*Laufzeit: 01.07.2014 – 30.06.2018*

**Fortschrittskolleg „Leicht – Effizient – Mobil, Energie- und kosteneffizienter Extremleichtbau mit Hybridwerkstoffen“**  
Strategische Planung innovativer Leichtbaukonzepte; Steigerung der Wiederverwendungsanteile in Leichtbaukonzepten  
*Förderinstitution: MIWF des Landes Nordrhein-Westfalen*  
*Laufzeit: 01.07.2014 – 30.11.2018*

**OptiAMix – Mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung für additive Fertigungsverfahren im Produktentstehungsprozess**  
Definition und Management von Anforderungen sowie Potenzialidentifikation für additive Fertigung

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*  
*Laufzeit: 01.01.2017 – 31.12.2019*

### Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- **BST eltromat International GmbH**  
Entwicklung einer Systematik zur Markt- und Ideenbewertung
- **Egger Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. KG**  
Automatisiertes Aufbringen von RFID-Tags auf Holzwerkstoffe
- **The Boeing Company und DMRC Verbund**  
Entwicklung und Etablierung der DMRC Strategie

## Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

### Publikationen Publications

Abbaszadeh, Sadegh; Ebadian, Ali: Nonlinear integrals and Hadamard-type inequalities. *Soft Computing* 22(9), S. 2843–2849, 2018.

Abbaszadeh, Sadegh; Ebadian, Ali; Jaddi, Mohsen: Hölder type integral inequalities with different pseudo-operations. *Asian-European Journal of Mathematics*, DOI: 10.1142/S1793557119500323, 2018

Abiteboul, Serge; Arenas, Marcelo; Barceló, Pablo; Bienvenu, Meghyn; Calvanese, Diego; David, ; Hull, Richard; Hüllermeier, Eyke; Kimmelfeld, Benny; Libkin, Leonid; Martens, Wim; Milo, Tova; Murlak, Filip; Neven, Frank; Ortiz, Magdalena; Schwentick, Thomas; Stoyanovich, Julia; Su, Jianwen; Suciu, Dan; Vianu, Victor; Yi, Ke: Research Directions for Principles of Data Management. *Manifesto from Dagstuhl Perspectives Workshop 16151*, Dagstuhl Manifestos 7(1), S. 1–29, 2018

Ahmedi Fahandar, Mohsen; Hüllermeier, Eyke: Learning to Rank Based on Analogical Reasoning. In: *Proceedings of the 32nd AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, S. 2951–2958, 2018

Couso, Inés; Hüllermeier, Eyke: Statistical Inference for Incomplete Ranking Data: A Comparison of Two Likelihood-Based Estimators. In: *Mostaghim, Sanaz; Nürnberger, Andreas; Borgelt, Christian: Frontiers in Computational Intelligence*, Springer, S. 31–46, 2018

El Mesaoudi-Paul, Adil; Hüllermeier, Eyke; Busa-Fekete, Róbert: Ranking Distributions based on Noisy Sorting. In: *Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning (ICML)*, S. 3469–3477, 2018

Hesse, Michael; Timmermann, Julia; Hüllermeier, Eyke; Trächtler, Ansgar: A Reinforcement Learning Strategy for the Swing-Up of the Double Pendulum on a Cart. In: *Proceedings of the 4th International Conference on System-Integrated Intelligence: Intelligent, Flexible and Connected Systems in Products and Production, Procedia Manufacturing* 24, S. 15–20, 2018

Melnikov, Vitalik; Hüllermeier, Eyke: On the effectiveness of heuristics for learning nested dichotomies: an empirical analysis. *Machine*

*Learning* 107(8-10), S. 1537–1560, 2018

Mohr, Felix; Lettmann, Theodor; Hüllermeier, Eyke; Wever, Marcel: Programmatic Task Network Planning. In: *Proceedings of the 1st ICAPS Workshop on Hierarchical Planning at the 28th International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS)*, S. 31–39, 2018

Mohr, Felix; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke: ML-Plan: Automated machine learning via hierarchical planning. In: *Special Issue of the ECML PKDD 2018 Journal Track, Machine Learning* 107(8-10), S. 1495–1515, 2018

Mohr, Felix; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke: On-the-Fly Service Construction with Prototypes. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Services Computing (SCC)*, S. 225–232, 2018

Mohr, Felix; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke: Reduction Stumps for Multi-class Classification. In: *Proceedings of the 17th International Symposium on Intelligent Data Analysis (IDA)*, S. 225–237, 2018

Mohr, Felix; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke; Faez, Amin: (WIP) Towards the Automated Composition of Machine Learning Services. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Services Computing (SCC)*, S. 241–244, 2018

Nguyen, Vu-Linh; Destercke, Sébastien; Masson, Marie-Hélène; Hüllermeier, Eyke: Reliable Multi-class Classification based on Pairwise Epistemic and Aleatoric Uncertainty. In: *Proceedings of the 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, S. 5089–5095, 2018

Rasouli, Hossein; Abbaszadeh, Sadegh; Eshaghi, Madjid: Approximately linear recurrences. *Journal of Applied Analysis* 24, S. 81–85, 2018

Schäfer, Dirk; Hüllermeier, Eyke: Dyad ranking using Plackett-Luce models based on joint feature representations. *Machine Learning* 107(5), S. 903–941, 2018

Schäfer, Dirk; Hüllermeier, Eyke: Preference-Based Reinforcement Learning Using Dyad Ranking. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Discovery Science (DS)*, S. 161–175, 2018

## Intelligent Systems and Machine Learning

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

Seemann, Nina; Geierhos, Michaela; Merten, Marie-Luis; Tophinke, Doris; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke: Supporting the Cognitive Process in Annotation Tasks. *Postersession Computerlinguistik der 40. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Sprachwissenschaft* 2018, 2018

Waegeman, Willem; Dembczynski, Krzysztof; Hüllermeier, Eyke: Multi-Target Prediction: A Unifying View on Problems and Methods. *Data Mining and Knowledge Discovery Journal (accepted)*, 2018

Wever, Marcel; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke: Ensembles of evolved nested dichotomies for classification. In: *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)*, S. 561–568, 2018

Wever, Marcel; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke: ML-Plan for Unlimited-Length Machine Learning Pipelines. *International Workshop on Automatic Machine Learning (AutoML) at ICML 2018*, 2018

### Promotionen PhD Theses

Schäfer, Dirk

#### Dyad Ranking with Generalized Plackett-Luce Models

The term “dyad ranking” refers to a new problem setting within preference learning. Dyads are feature vector pairs that need to be ranked by machine learning models. Existing ranking methods do not deliver good results for dyad ranking, since they do not use all features of the dyads. Therefore, three generalizations of the PlackettLuce (PL) model, a statistical model for rank data, are introduced: Joint-Feature PL (JFPL) uses joint-feature vector representations for the dyads, i.e. a mapping of a vector pair to a single vector. The bilinear PL model (BilinPL), which takes up the idea of JFPL, specifies the joint-feature map by means of the cross product. Experiments show that BilinPL is superior to existing label ranking methods, because the dyad features improve prediction performance and it can deliver predictions on new labels. The third model, PLNetworks (PLNet), does not require the specification of a joint-feature map but instead learns it. The model is based on a neural network and can capture non-linear relationships among preferences. Applications of dyad ranking include genetic algorithm recom-

mendations, similarity learning of images, and the configuration of image-processing pipelines using preferencebased reinforcement learning. To benefit from the probabilistic information produced by the PL models, two visualization approaches based on multidimensional scaling and unfolding are introduced.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

#### 5th European Conference on Data Analysis (ECDA 2018)

General Chair

July 4–6, 2018, Paderborn, Germany

#### the 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence and the 23rd European Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-ECAI-18)

PC Co-Chair (Survey Track)

July 13–19, 2018, Stockholm, Sweden.

#### 4th Workshop “From Multiple Criteria Decision Aid to Preference Learning” (DA2PL 2018)

PC Co-Chair

November 22–23, 2018, Poznan, Poland.

### 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”

In subproject B2 we deal with the automated configuration of services. More specifically, we automatically combine existing basic services into service compositions to obtain a more complex functionality. In addition to the functional properties, we also consider (dynamic) non-functional properties to tailor the service compositions to the user’s needs. This subproject is coordinated by Eyke Hüllermeier, Bernd Kleinjohann, and Axel-Cyrille Ngonga Ngomo. *Funding: German Research Foundation Term: 2015–2019*

#### DFG Collaborative Research Center 901 “On-The-Fly Computing”, subproject B3 “Service Composition Analysis in Partially Unknown Contexts”

In this subproject we study the problem of predicting non-functional properties (e.g., response time, reputation or reliability) of service compositions. A service composition is an individualized software with user-specified functionality. To choose the optimal composition among the automatically created functionally equal compositions, the non-functional requirements provided by the 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 we develop statistical models, which are trained on examples using machine learning methods. This subproject is coordinated by Heike Wehrheim and Eyke Hüllermeier. *Funding: German Research Foundation Term: 2015–2019*

#### 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*

**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

**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

**Kontextuelle Informatik**

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

**Publikationen**  
Publications

Keil, Reinhard: Unterstützung kontingenter Wissensarbeit. Ein Rahmenwerk für die Entwicklung digitaler Arbeitsumgebungen zur Unterstützung des Forschungsdiskurses in den Kulturwissenschaften. In: Seng, E.-M.; Keil, Reinhard; Oevel, G. (Hrsg.) STUDIOL. Kooperative Forschungs-umgebungen in den eHumanities, S. 7 – 25, Berlin, Bosten, 2018, De Gruyter

Selke, Harald: Data science in schools from the perspective of contextual informatics. In: Biehler, R.; Budde, L.; Frischeimer, D.; Heinemann, B.; Podworny, S.; Schulte, Carsten; Wassong, T. (Hrsg.) Paderborn Symposium on Data Science Education at School Level 2017: The Collected Extended Abstracts, S. 107 – 109, Paderborn, 2018, Universitätsbibliothek Paderborn

Seng, E.-M.; Keil, Reinhard; Oevel, G.: STUDIOL. Kooperative Forschungs-umgebungen in den eHumanities. De Gruyter, Berlin, Bosten, 2018

Seng, E.-M.; Keil, Reinhard; Oevel, G.: studiolo communis. In: Seng, E.-M.; Keil, Reinhard; Oevel, G. (Hrsg.) STUDIOL. Kooperative Forschungs-umgebungen in den eHumanities, S. 1 – 5, Berlin, Bosten, 2018, De Gruyter

Winkelkemper, Felix; Keil, Reinhard: MediaThing – A Learning Scenario Targeting on Research Skills. In: Bastiaens, T.; Van Braak, J.; Brown, M. (Hrsg.) Proceedings of EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology., S. 2397 – 2406, Amsterdam, Netherlands, Jun. 2018 AACE

**Promotionen**  
PhD Theses

Felix Winkelkemper  
**Responsive Positioning - A User Interface Technique Based on Structured Space**  
This thesis presents, develops and defines a new interactive user interface technique for computers using classical means of input and output such as screen and mouse or touchscreen. As an extension to the repertoire of WIMP techniques, Responsive Positioning facilitates the perception and manipulation of attributes of on-screen objects by perceiving and manipulating their positions in relation to a structured background. The technique is based on in-depth analyses of the technical potentials

of interactive user interfaces and the role of space in knowledge work processes. As for both areas there are no theoretical frameworks on the basis of which a proper determination of the status quo let alone the systematic development of a new user interface technique would be possible, innovative approaches are developed and applied. Technical potentials of interactive user interfaces are determined by considering milestones in the history of the development of these interfaces. This approach allows both for a description of the state of the art, as well as for an analysis of unused potentials. Knowledge work processes are examined to what extent they use spatial properties as a means of determining properties about spatially arrangeable objects. A combination of both investigations shows that the commonly used knowledge work technique of structuring space and positioning objects in relation to it can be combined with certain potentials of digital interfaces, thereby building the foundation for a new user interface technique. This technique is subsequently developed and formally specified. Explanations of exemplary applications of the resulting Responsive Positioning technique serve the purpose of proving the feasibility of the approach while at the same time being the basis for an application architecture which allows the integration of the new technique into existing applications in combination with classical user interface approaches.

**Messen, Tagungen, Seminare**  
Fairs, conferences, seminars

**ICALT2018, The 18th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies**  
9. – 13. Juli 2018, Bombay, India

**HDI 2018, 8. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik – „Digitalisierungswahnsinn – Wege der Bildungstransformation“**  
10. – 13. September 2018, G1, Goethe-Universität Frankfurt, Germany

**DeLFI 2018, 16. e-Learning Fachtagung Informatik „Digitalisierungswahnsinn – Wege der Bildungstransformation“**  
10. – 13. September 2018, G1, Goethe-Universität Frankfurt, Germany

**GMW 18, 26. Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft, „Digitalisierung und Hochschulentwicklung“**

**Contextual Informatics**

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil

12. – 14. September 2018, Universität Duisburg-Essen, Germany

**MuC 2018, Mensch & Computer 2018 – „Interaktion verbindet alle“**,  
2. – 5. September 2018, G1, Congress Center Dresden, Germany

**Weitere Funktionen**  
Additional functions

- Wissenschaftlicher Beirat der „Forschungs- und Beratungsstelle Arbeitswelt (FORBA)“, Wien (seit 2000)
- Mitglied des Beirats „Lernstatt Paderborn“ (seit 2005)

**Spin-Offs**  
Spin-offs**coactum GmbH**

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

**Aktuelle Forschungsprojekte**  
Current research projects**Mobile virtuelle Lernräume zur individuellen Unterstützung von jungen Menschen mit schweren Erkrankungen (MoviLe)**

In dem zweijährigen Projekt, das von der Stiftung Bethel der v. Bodelschwingschen Stiftungen geleitet wird, soll ein Erfahrungs- und Kompetenzaustausch zwischen Partnern in Deutschland und Österreich etabliert werden, der dazu beiträgt, Nachteile junger Menschen mit schweren Erkrankungen zu reduzieren und auszugleichen, indem ihnen ermöglicht wird, ihre schulische und berufliche Ausbildung weiterzuführen und für ihre weitere Entwicklung relevante Kompetenzen zu erwerben. Ein wichtiger Baustein ist dabei der am Heinz Nixdorf Institut entwickelte mobile kooperative Schreib-tisch (Mokodesk), mit dem Schülerinnen und Schüler mit Erkrankungen individuell gefördert und unterstützt werden können.  
Förderinstitution: Programm Erasmus+ der Europäischen Union  
Laufzeit: 01.10.2016 – 31.03.2019

**Dialog 2.0, Wissen teilen – Region stärken**

Die Bildungspartnerschaft zwischen Bezirksregierung Detmold und der Universität Paderborn sowie dem neuen Partner InnoZent OWL unterstützt die Wissensarbeit durch Entwicklung und Bereitstellung einer alltagstauglichen Infrastruktur in und außerhalb von Schule. Ziel ist die Stärkung und Förderung der Zusammenarbeit zwischen Schulen, Bildungsträgern und den Betrieben und Einrichtungen in der Region. *Förderinstitution: Bezirksregierung Detmold, InnoZent OWL, Universität Paderborn*  
*Laufzeit: 01.07.2014 – 30.06.2019*

**Zentrum Musik – Edition – Medien (ZenMEM)**

In dem Kooperationsprojekt aus dem Bereich der Digital Humanities haben sich die Universität Paderborn, die Hochschule für Musik Detmold und die Hochschule Ostwestfalen-Lippe zum Ziel gesetzt, ein Kompetenzzentrum an der Schnittstelle von Informatik und Geisteswissenschaften aufzubauen, um Ergebnisse der Erforschung musikalischer Überlieferung ins digitale Zeitalter zu überführen. Das Projekt ist 2017 erfolgreich verlängert worden. *Förderinstitution: BMBF*  
*Laufzeit: 01.09.2014 – 31.08.2019*

**Aktuelle Industriekooperationen**  
**Current industry cooperations****coactum GmbH, Paderborn**

Kooperation im Bereich E-Learning und lernförderliche Infrastrukturen

**Medienzentrum des Kreises Gütersloh**

Gemeinsame Aktivitäten und Projekte im Bereich Bildungsnetzwerke (schulen-gt)

**Schulabteilung der Bezirksregierung, Detmold**

Gemeinsame Aktivitäten und Projekte im Bereich Bildungsnetzwerke (Bildung im Dialog) und LARS (Lernen auf Reisen Schule)

**Schulamt der Stadt Paderborn**

Unterstützung und Beratung beim Ausbau der „Lernstatt Paderborn“

**Algorithmen und Komplexität**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Alexander Skopalik (seit Juli 2018)  
DMMP Gruppe, Universität Twente)

**Algorithms and Complexity**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Assistant Prof. Dr. Alexander Skopalik (since July 2018)  
DMMP group, university of Twente)

**Publikationen**  
**Publications**

Althaus, Ernst; Brinkmann, André; Kling, Peter; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Nagel, Lars; Riechers, Sören; Sgall, Jiri; Suess, Tim: Scheduling shared continuous resources on many-cores. *Journal of Scheduling*, 21(1): S. 77–92, 2018

Benter, Markus; Knollmann, Till; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Setzer, Alexander; Sundermeier, Jannik: A Peer-to-Peer based Cloud Storage supporting orthogonal Range Queries of arbitrary Dimension. In: *Proceedings of the 4th International Symposium on Algorithmic Aspects of Cloud Computing (ALGO-CLOUD)* (accepted), 20. – 21. Aug. 2018

Drees, Maximilian; Feldotto, Matthias; Riechers, Sören; Skopalik, Alexander: Pure Nash equilibria in restricted budget games. *Journal of Combinatorial Optimization* 2018

Feldkord, Björn; Feldotto, Matthias; Gupta, Anupam; Guruganesh, Guru; Kumar, Amit; Riechers, Sören; Wajc, David: Fully Dynamic Bin Packing with Little Repacking. In: *Proceedings of the 45th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP)*, S. 51:1–51:24, 9. – 13. Jul. 2018, Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik

Feldkord, Björn; Malatyali, Manuel; Meyer auf der Heide, Friedhelm: A Dynamic Distributed Data Structure for Top-k and k-Select Queries. In: *Adventures Between Lower Bounds and Higher Altitudes - Essays Dedicated to Juraj Hromkovic on the Occasion of His 60th Birthday*, S. 311–329, 2018

Feldkord, Björn; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Online Facility Location with Mobile Facilities. In: *Proceedings of the 30th ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA)*, S. 373–381, 16. – 18. Jul. 2018, ACM

Feldotto, Matthias; Haake, Claus-Jochen; Skopalik, Alexander; Stroh-Maraun, Nadja: Disaggregating User Evaluations Using the Shapley Value. In: *Proceedings of the 13th Workshop on the Economics of Networks, Systems and Computation (NetEcon 2018)* (accepted), S. 5:1–5:6, Jun. 2018

Feldotto, Matthias; Leder, Lennart; Skopalik, Alexander: Congestion Games with Mixed Objectives. *Journal of Combinatorial Optimization*, 36(4): S. 1145–1167, 2018

Hamann, Heiko; Markarian, Christine; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Wahby, Mostafa: Pick, Pack, & Survive: Charging Robots in a Modern Warehouse based on Online Connected Dominating Sets. In: *Fun With Algorithms (FUN)*, S. 22:1–22:13, 13. – 15. Jun. 2018

Jung, Daniel; Kolb, Christina; Scheideler, Christian; Sundermeier, Jannik: Brief Announcement: Competitive Routing in Hybrid Communication Networks. In: *Proceedings of the 30th ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA)*, S. 231–233, 16. – 18. Jul. 2018, ACM

Jung, Daniel; Kolb, Christina; Scheideler, Christian; Sundermeier, Jannik: Competitive Routing in Hybrid Communication Networks. In: *Proceedings of the 14th International Symposium on Algorithms and Experiments for Wireless Networks (ALGOSENSORS)* (accepted), 23. – 24. Aug. 2018

Knollmann, Till; Scheideler, Christian: A Self-Stabilizing Hashed Patricia Trie. In: *Proceedings of the 20th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS)*, Springer Lecture Notes in Computer Science LNCS, Band 11201, 4. – 7. Nov. 2018, Springer

König, Jürgen; Mäcker, Alexander; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Riechers, Sören: Scheduling with interjob communication on parallel processors. *Journal of Combinatorial Optimization*, 36(4): S. 1356–1379, 2018

Li, Shouwei; Markarian, Christine; Meyer auf der Heide, Friedhelm: Towards Flexible Demands in Online Leasing Problems. *Algorithmica*, 80(5): S. 1556–1574, 2018

Mäcker, Alexander; Malatyali, Manuel; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Riechers, Sören: Cost-Efficient Scheduling on Machines from the Cloud. *Journal of Combinatorial Optimization*, 36(4): S. 1168–1194, 2018

Markarian, Christine: An Optimal Algorithm for Online Prize-collecting Node-weighted Steiner Forest. In: *International Workshop on Combina-*

torial Algorithms (IWOTA), 16. – 19. Jul. 2018

Markarian, Christine; Abu-Khzam, Faisal N. ; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Schubert, Michael: Approximation and Heuristic Algorithms for Computing Backbones in Asymmetric Ad-hoc Networks. In: *Theory of Computing Systems (TOCS)*, Nr. 8, S. 1673–1684, 2018

Meyer auf der Heide, Friedhelm; Schaefer, Johannes: Brief Announcement: Communication in Systems of Home Based Mobile Agents. In: *Proceedings of the 30th ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA)*, S. 359–361, 16. – 18. Jul. 2018, ACM

**Promotionen**  
**PhD Theses**

Daniel Jung

**Local Strategies for Swarm Formations on a Grid**

My dissertation deals with the Gathering problem for swarms of  $n$  point-shaped robots on a grid, in which all robots of the swarm are supposed to gather at a previously undefined point. Special attention is paid to the strong limitation of robot capabilities. These include in particular the lack of global control, a global compass, global visibility and (global) communication skills. Furthermore, all robots are identical. The robots are given only local abilities. This includes a constant range of vision. The robots all work completely synchronously. In this work we present and analyze three different Gathering strategies in different robot models. We formally prove correctness and total running time: Chapter 4 focuses on minimizing the available robot capabilities. The underlying strategy completes the gathering in  $O(n^2)$  time. For the following Chapters 5 and 6, the aim is to optimize the total running time under using only local robot capabilities: We additionally allow a constant-sized memory and a constant number of locally visible statuses (lights, flags). For the strategies of both chapters we show an asymptotically optimal running time of  $O(n)$ . Unlike in Chapters 4 and 5, we additionally restrict connectivity and vision to an initially given chain connectivity in Chapter 6, where two chain neighbors must have a distance of 1 from each other. A robot can only see and interact with a constant number of its direct chain neighbors.

Matthias Feldotto

#### Approximate Pure Nash Equilibria in Congestion, Opinion Formation and Facility Location Games

(voraussichtlich Dezember 2018)

This thesis investigates approximate pure Nash equilibria in different game-theoretic models. In such an outcome, no player can improve her objective by more than a given factor through a deviation to another strategy. In the first part, we investigate two variants of Congestion Games in which the existence of pure Nash equilibria is guaranteed through a potential function argument. However, the computation of such equilibria might be hard. We construct and analyze approximation algorithms that enable the computation of states with low approximation factors in polynomial time. To show their guarantees we use sub games among players, bound the potential function values of arbitrary states and exploit a connection between Shapley and proportional cost shares. Furthermore, we apply and analyze sampling techniques for the computation of approximate Shapley values in different settings. In the second part, we concentrate on the existence of approximate pure Nash equilibria in games in which no pure Nash equilibria exist in general. In the model of Co-evolving Opinion Formation Games, we bound the approximation guarantees for natural states nearly independent of the specific definition of the players' neighborhoods by applying a concept of virtual costs. For the special case of only one influential neighbor, we even show lower approximation factors for a natural strategy. Then, we investigate a two-sided Facility Location Game among facilities and clients on a line with an objective function consisting of distance and load. We show tight bounds on the approximation factor for settings with three facilities and infinitely many clients. For the general scenario with an arbitrary number of facilities, we bound the approximation factor for two promising candidates, namely facilities that are uniformly distributed and which are paired.

#### Weitere Funktionen

Prof. Meyer auf der Heide

#### Additional functions

Prof. Meyer auf der Heide

- Member of the "Hochschulrat" of the Paderborn University
- Director of the Collaborative Research Center (SFB 901) "On-The-Fly Computing"

- Member of the German Academy of Sciences "Leopoldina", 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 ACM-STOC TheoryFest Invited Papers Committee (2018)
- Member of the Program Committee of the 16th Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA 2018)
- Member of the Program Committee of the 13th Workshop on Parallel Systems and Algorithms (PASA 2018)
- Member of the Program Committee of the Doktorandenprogramm der INFORMATIK 2017
- Co-Organizer and Reviewer for the Bundeswettbewerb Informatik 2018

#### 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. *Funding: German Research Foundation*  
*Term: 2011 – 2019*

#### DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject A1 "Capabilities and limitations of local strategies in dynamic networks"

This subproject started in 2011 with the objective to explore the capabilities and limits of local methods for control and optimization of big dynamic networks. Our focus lies on overlay networks, which allow the interaction between actors of the OTF market (the clients) and service providers to support services and provide infrastructure. "Local" in this context means that the control and optimization is not performed by a central instance but distributed by the actors, based on their local information. This subproject is coordinated by Friedhelm Meyer auf der Heide and Christian Scheideler. *Funding: German Research Foundation*  
*Term: 2015 – 2019*

#### DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject A3 "The market for services: Incentives, algorithms, implementation"

In subproject A3 we model and analyze the market for composed IT-services. The main challenges in the economic considerations are the composition aspect, automatization of transactions, and the dynamics of composed services. For the analysis we use and develop methods from the fields of non-cooperative, cooperative, and algorithmic game theory. Furthermore, the study of bounded rational behavior rests on methods from evolutionary game theory, behavioral economics and the theory of learning. This subproject is coordinated by Claus-Jochen Haake, Burkhard Hehenkamp, and Alexander Skopalik. *Funding: German Research Foundation*  
*Term: 2015 – 2019*

#### DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject C4 "On-The-Fly Compute Centers II: Execution of Composed Services in Configurable Compute Centers"

In this subproject we are concerned with efficiently utilizing resources within a highly configurable compute center. 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 – 2019*

#### DFG project: Distributed Data Streams in Dynamic Environments (DISDAS) in the DFG-Priority Programme 1736 Algorithms for Big Data

In this project we lay the foundations for the design and analysis of distributed algorithms that continuously compute aggregated information of streams of data which are observed by a multitude of devices. These devices may be mobile, i.e. capable of moving in the plane or in space, and contain both (wireless) communication devices and sensors for observing their environment. The major challenge is to cope with the huge amount of data generated by the devices. Typically, the data streams are too big and arrive too fast to be completely stored, or sent to a central server through a network, or processed in real time. Thus we have to find ways to extract useful information from the streams using restricted resources like memory, communication volume and computation time. In this project, we are developing continuous algorithms in distributed environments, taking both the dynamics of the devices and of the observed events into account. This reflects the scenario of moving people with smartphones who observe their environment. Friedhelm Meyer auf der Heide coordinates this project. *Funding: German Research Foundation*  
*Laufzeit/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 net-

work, 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*

#### 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
- Carnegie Mellon University, Prof. Dr. Anupam Gupta, Pittsburgh, USA
- Carnegie Mellon University, Dr. David Wajc, Pittsburgh, USA
- Carnegie Mellon University, Dr. Guru Guranesh, Pittsburgh, USA
- IIT Delhi, Prof. Dr. Amit Kumar, New Delhi, India
- Karls Universität Prag, Prof. Dr. Jiri Sgall, Prag, Tschechien
- Haigazian University, Prof. Dr. Christine Markarian, Beirut, Lebanon
- Lebanese American University, Prof. Dr. Faisal N. Abu-Khzam, Beirut, Lebanon
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Stefan Kaufmann, Freiburg, Germany
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Prof. Dr. Ernst Althaus, Mainz, Germany
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Prof. Dr. Andre Brinkmann, Mainz, Germany
- Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Prof. Dr. Tim Süß, Suderburg, Germany
- University of Augsburg, Prof. Dr. Tobias Harks, Augsburg, Germany
- Universität Hamburg, Junior-Professor Dr. Peter Kling, Hamburg, Germany

## Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

### Publikationen Publications

Abughannam, Saed; Scheytt, Christoph: System Analysis of a Wake-Up Receiver Based on Surface Acoustic Wave Correlator. In: 2nd URSI AT-RASC, S. 1–4, Spain/Meloneras, 28. Mai–1. Jun. 2018

Gudyriev, Sergiy; Kress, Christian; Scheytt, Christoph: Electronic Photonic Integrated Circuits for Coherent and Non-Coherent Receivers. In: 10th Sino-German Joint Symposium on Opto- and Microelectronic Devices and Circuits (SODC 2018), Germany/Aachen, 17.–19. Sep. 2018

Gudyriev, Sergiy; Kress, Christian; Scheytt, Christoph: EPICs in the BiCMOS Technology of IHP: Receivers. In: SPP 2111 Electronic-Photonic Integrated Systems for Ultrafast Signal Processing, Summerschool, Germany/Paderborn, 10.–12. Sep. 2018

Haddadian, Sanaz; Scheytt, Christoph: Wireless Energy Harvesting in RFID Applications at 5.8 GHz ISM Band, a System Analysis. In: Electromagnetics Research Symposium, Band 40th, Japan/Toyama, Aug. 2018

Karthik, Krishne Gowda; Wimmer, Lara; Javed, Abdul Rehman; Wolf, Andreas; Scheytt, Christoph; Kraemer, Rolf: Analysis of PSSS modulation for optimization of DAC bit resolution for 100 Gbps systems. In: 15th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS), Portugal/Lisbon, 28.–31. Aug. 2018

Koepe, Jörn; Kaltschmidt, Christian; Illian, Marvin; Puknat, Robert; Kneuper, Pascal; Wittemeier, Steffen; Memedi, Agon; Tebruegge, Claas; Amjad, Muhammad Sohaib; Kruse, Stephan; Kress, Christian; Scheytt, Christoph; Dressler, Falko: First Performance Insights on Our Novel OFDM-based Vehicular VLC Prototype. In: 2018 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Taiwan/Taipei, 5.–7. Dez. 2018

Kress, Christian; Gudyriev, Sergiy; Zwickel, Heiner; Kemal, Juned N.; Lischke, Stefan; Zimmermann, Lars; Koos, Christian; Scheytt, Christoph: 64 GbD Monolithically Integrated Coherent QPSK Single Polarization Receiver in 0.25 µm SiGe-Photonic Technology. In: Kress, Christian; Gudyriev, Sergiy; Zwickel, Heiner; Kemal, Juned N.; Lischke, Stefan; Zimmermann, Lars; Koos, Christian; Scheytt,

Christoph (Hrsg.) Optical Fiber Communication Conference 2018, San Diego, Band Th4A.6, 13.–15. Mrz. 2018 Optical Fiber Communication Conference 2018

Kruse, Stephan; Kress, Christian; Memedi, Agon; Tebruegge, Claas; Amjad, Muhammad Sohaib; Scheytt, Christoph; Dressler, Falko: Design of an Automotive Visible Light Communications Link using a Off-The-Shelf LED Headlight. In: ANALOG 2018 16. GMM/ITG-Fachtagung, Germany/Munich, 13.–14. Sep. 2018

Mao, Yanfei; Shiju, E.; Schmalz, Klaus; Scheytt, Christoph: 245 GHz Subharmonic Receiver With Onchip Antenna for Gas Spectroscopy Application. In: Journal of Semiconductors, Nov. 2018

Scheytt, Christoph: Ultra-broadband Signal Processing by means of Electronic-Photonic Integration. In: 10th Sino-German Joint Symposium on Opto- and Microelectronic Devices and Circuits (SODC 2018), Germany/Aachen, 17.–19. Sep. 2018

Scheytt, Christoph; Wu, Liang: Integrier- und Halte-Schaltung (Patent). Feb. 2018

Wessel, Jan; Schmalz, Klaus; Scheytt, Christoph; Kissinger, Dietmar: Sensitive permittivity detector for dielectric samples at 120 GHz. In: 2018 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS), USA/Anaheim, 15.–18. Jan. 2018

Wu, Liang; Hussain, Mohammad Khizer; Abughannam, Saed; Müller, Wolfgang; Scheytt, Christoph; Ecker, Wolfgang: Analog fault simulation automation at schematic level with random sampling techniques. In: 2018 13th International Conference on Design & Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS), Italy/Taormina, 9.–12. Apr. 2018

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**21st Design, Automation and Test in Europe (DATE),**  
19.–23. März 2018, Dresden

**22nd Design, Automation and Test in Europe (DATE)**  
25.–29. März 2019, Florenz, Italien

**2018 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)**  
14.–17. Oktober 2018, San Diego CA, USA

**1st International Workshop on Embedded Software for Industrial IoT (ESIIT)**  
24. März 2018, Dresden

**2nd International Workshop on Embedded Software for Industrial IoT (ESIIT)**  
29. März 2018, Florenz, Italien

**1st RISC-V Activities Workshop**  
Juni 2018, München

**2nd RISC-V Activities Workshop**  
Februar 2019, München

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- Patentanmeldung: J. C. Scheytt, L. Wu, „Integrier- und Halte-Schaltung“, DE Patent AKZ 102018104547.6, 28. Februar 2018
- Preis für herausragende Masterarbeit des IHP Leibnizinstitut für Innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder), an Herrn Chandrasekar Ganesan
- Best Paper Award für die Doktorandin Sanaz Haddadian auf dem „Progress in Electromagnetics Research Symposium“ (PIERS 2018), Toyama, Japan
- Young Scientist Award für die Doktorandin Sanaz Haddadian auf dem „Progress in Electromagnetics Research Symposium“ (PIERS 2018), Toyama, Japan

### 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)
- Mitglied im Programmkomitee European Microwave Week (EuMW) Oktober 2017, Nürnberg
- Mitglied im Programmkomitee 2018 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Sympo-

sium (BCICTS), 14.–17. Oktober 2018, San Diego CA, USA

- Mitglied im Programmkomitee German Microwave Conference (GeMIC) 2018, Freiburg
- Sprecher im Verbundprojekt REAL100G.COM der DFG im SPP 1655 „Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeitskommunikation für den mobilen Internetzugang“
- Mitglied in der European Radio and Microwave Interest Group (EURAMIG) der European Microwave Association (EuMA)
- Mitglied im 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 W. Müller Additional functions W. Müller

- Mitglied im Wissenschaftler-Personalrat der Universität Paderborn
- Mitglied im Vorstand des Heinz Nixdorf Instituts
- Mitglied im Main Board der European Design and Automation Association (EDAA)
- Stellvertretender Sprecher der gemeinsamen GI/ITG/GME Fachgruppe 3.5.7 / 5.2.2 / 5.7 der Kooperationsgemeinschaft „Rechnergestützte Schaltungs- und Systementwurf“
- Mitglied der Special Interest Group Design Automation (SIGDA) der Association for Computing Machinery (ACM)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2018 (Dresden, März 2018)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2019 (Florenz, März 2019)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2020 (Grenoble, März 2020)
- Mitglied im Organisationskomitee des 1st RISC-V Activities Workshop, Juni 2018, München
- Mitglied im Organisationskomitee des 2nd RISC-V Activities Workshop, Februar 2019, München
- General Co-Chair des 2nd International Workshop on Embedded Software for Industrial IoT (ESIIT), März 2019, Florenz, Italien
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 21. Workshops für Methoden und

Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2018 (Tübingen, März 2018)

- 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 der International IEEE Conference on Hardware / Software Codesign and System Synthesis (Milano, Italien, Oktober 2018)
- Gutachter Microelectronics Reliability Journal, Elsevier

### Spin-Offs Spin-offs

- EvoPACE GmbH

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### SPEED (Silicon Photonics Enabling Exascale Data Networks)

Das Projekt entwickelt elektronisch-photonsische ICs auf Siliziumbasis für hochbitratige optische Transceiver. Die Leistungsfähigkeit der Plattform wird exemplarisch anhand der Entwicklung zweier 400 Gb/s Transceivermodule demonstriert, die mit Surface-Mount-Technologie (SMT) direkt auf die Leiterplatten von Netzwerkgeräten montiert werden können (Board Mount Optical Engines - BMOEs).  
*Partner: ADVA Optical Networking SE, AEMtec, FCI Deutschland GmbH, Finetech, Fraunhofer HHI, Fraunhofer IZM, IHP & IHP Solutions GmbH, Ranovus, Sicoya, TU Berlin, Vertilas*  
*Projekträger: VDI Technologiezentrum GmbH*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 01.11.2015 – 31.10.2018*

#### 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 Internetzugang“ (SPP 1655)*  
*Laufzeit: 01.09.2017 – 31.10.2019*

#### Cute-Machining – Monitoring und LifeCycle Management von Werkzeugen

Das Vorhaben optimiert durch den Einsatz von „cyber-physischen Systemen“ Fertigungsprozesse. Werkzeuge für die spanende Bearbeitung werden als „Smart Objects“ mit Hilfe einer neuartigen Sensor-/ RFID-Technik verwechslungsfrei identifiziert und befähigt, mit einer übergeordneten Datenbank über Web-Services zu kommunizieren und Informationen über den aktuellen Zustand im Betrieb für eine elektronische Lebenszyklusakte zu liefern.  
*Partner: CIMSOURCE GmbH, Fraunhofer IMS, Turck GmbH, ID4US, Seco Tools*  
*Projekträger: Projekträger Jülich*  
*Förderinstitution: Europäische Union im Rahmen von EFRE.NRW*  
*Laufzeit: 01.04.2016 – 01.12.2018*

#### oFFeDi – Optoelektronischer Frequenzsynthesizer mit Femtosekunden-Diodenlaser

Das oFFeDi-Projekt ersetzt Quarzoszillator-basierte PLL durch Femtosekunden-Pulslasern 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: 01.07.2017 – 30.06.2020*

#### 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, Noiseless Imaging Oy, Robert Bosch GmbH, Technische Universität Wien, Tampere University of Technology, Technische Universität München, Visy Projektträger: Projektträger DLR*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 01.09.2015 – 31.08.2020*

**PONyDAC – Precise Optical Nyquist Pulse Synthesizer DAC**  
Das Ziel des PONyDAC-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von elektronisch-photonschen Digital-Analog-Umsetzern mittels Synthese optischer Nyquistpulse und der Verwendung von optischem Time-Interleaving. Die Nyquistpulsenergieung 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 ultrabreitbandiger Nyquistpulse hat das Potenzial 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: 01.06.2018 – 31.05.2021*

**SAFE4I (Sicherer Automatischer Entwurf für Industrieanlagen)**  
SAFE4I entwickelt Automatisierungslösungen zur Erzeugung funktional sicherer Software für Industrie-4.0-Anwendungen im 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*  
*Projektträger: Projektträger DLR*  
*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*  
*Laufzeit: 01.10.2017 – 30.09.2021*

**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-photonschen Analog-Digital-Wandler mittels Silizium-photonik-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: 01.06.2018 – 31.05.2021*

**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
- Audi AG, Ingolstadt
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen
- CIMSOURCE GmbH, Aachen
- 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
- Frecnsys, 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 Mikro-

elektronik, Frankfurt/Oder

- Infineon Technologies AG, München
- Itemis AG, Lünen
- Kapser & Oswald GmbH, Bochum
- Microteam, Tampere, Finnland
- Minima Processor, Tampere, Finnland
- Model Engineering Solution GmbH
- Noiseless Imaging Oy
- PKTEC Pauli & Kayser Ingenieurgesellschaft mbH, Karlsruhe
- Promotec GmbH, Aachen
- Ranovus, Nürnberg
- Robert Bosch GmbH, Schneverdingen
- Sandvik Coromant, Düsseldorf
- ScopeSET Technology Deutschland GmbH
- Sicoya, Berlin
- SiFive, San Francisco, CA, USA
- Silicon Radar, Frankfurt/Oder
- Socionext Europe GmbH, Braunschweig
- SparxSystems Software
- Vertilas, Garching
- Visy, Tampere, Finnland
- Volkswagen AG, Wolfsburg

**Wissenschaftliche Kooperationen**  
**Scientific cooperations**

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Prof. Krämer
- Eberhard Karls Universität Tübingen, Prof. Bringmann
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Dr. Viehl
- IHP Leibniz Institut für Innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)
- Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Koos
- OFFIS e.V., Dr. Grüttner
- 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 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

### **Publikationen** **Publications**

Biemelt, Patrick; Henning, Sven; Rüdendklaus, Nico; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: A Model Predictive Motion Cueing Strategy for a 5-Degree-of-Freedom Driving Simulator with Hybrid Kinematics. In: Proceedings of the DSC 2018 Europe VR: New trends in Human in the Loop simulation and testing. S. 79–85, 2018

Drüke, Simon; Bicker, Rainer; Schullter, Bernd; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Rotordynamic instabilities in washing machines. In: Proceedings of the 10th International Conference on Rotor Dynamics - IFTOMM. Vol. 2. International Conference on Rotor Dynamics - IFTOMM, S. 383–397, 2018

Gräler, Manuel; Springer, Robert; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar; Homberg, Werner: Assisted setup of forming processes: Compensation of initial stochastic disturbances. Swedish Production Symposium, S. 358–364, 2018

Henning, Sven; Biemelt, Patrick; Rüdendklaus, Nico; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: A Simulation Framework for Testing a Conceptual Hierarchical Autonomous Traffic Management System including an Intelligent External Traffic Simulation. In: Proceedings of the DSC 2018 Europe VR: New trends in Human in the Loop simulation and testing. S. 91–98, 2018

Hesse, Michael; Timmermann, Julia; Hüllermeier, Eyke; Trächtler, Ansgar: A Reinforcement Learning Strategy for the Swing-Up of the Double Pendulum on a Cart. Procedia Manufacturing, S. 15–20, 2018

Holtkötter, Jens; Michael, Jan; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar; Bockholt, Marcos; Möhlenkamp, Andreas; Katter, Michael: Rapid-Control-Prototyping as part of Model-Based Development of Heat Pump Dryers, Jun. 2018

Lankeit, Christopher; Michael, Jan; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Holistic Requirements for Interdisciplinary Development Processes. In: Proceedings 1st International Workshop on Learning from other Disciplines for Requirements Engineering, S. 4–7, 2018

Millitzer, Jonathan ; Mayer, Dirk; Jersch, Torben; Henke, Christian; Michael, Jan; Tamm,

Christoph; Ranisch, Christopher: Recent Developments in Hardware-in-the-Loop Testing. In: IMAC-XXXVI Conference and Exposition on Structural Dynamics, 2018

Olma, Simon; Kohlstedt, Andreas; Traphöner, Phillip; Jäker, Karl-Peter; Trächtler, Ansgar: Observer-based nonlinear control strategies for Hardware-in-the-Loop simulations of multiaxial suspension test rigs. Mechatronics, S. 212–224, 2018

Paí, Arathi; Riepold, Markus; Trächtler, Ansgar: Model-based precision position and force control of SMA actuators with a clamping application. Mechatronics, S. 303–320, 2018

Rüdendklaus, Nico; Biemelt, Patrick; Henning, Sven; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Shader-Based Realtime Simulation of High-Definition Automotive Headlamps. In: SIMUL 2018, The Tenth International Conference on Advances in System Simulation, 2018

Rüting, Arne Thorsten; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Umsetzung einer echtzeitfähigen Mehrgrößenoptimierung auf einer Industrie-steuerung. In: EKA 2018 Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - Beschreibungsmittel, Methoden, Werkzeuge und Anwendungen, 2018

Springer, Robert; Graeler, Manuel; Homberg, Werner; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Model based Setup Assistant for Progressive Tools. AIP Conference Proceedings, Mai 2018

### **Promotionen** **PhD Theses**

Daniel Kruse  
**Teilautomatisierte Parameteridentifikation für die Validierung von Dynamikmodellen im modellbasierten Entwurf mechatronischer Systeme** (voraussichtlich Dezember 2018)  
In dieser Arbeit wird der modellbasierte Entwurf mechatronischer Systeme, in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2206, angewendet und signifikant erweitert, um der Lücke zwischen steigender Produktkomplexität und Leistungsfähigkeit von Entwicklungsmethoden entgegenzuwirken. Ein besonderes Merkmal der erarbeiteten Entwicklungsmethodik ist die ganzheitliche Betrachtung des Systems. Man

## Control Engineering and Mechatronics

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

hat sie fachgebietsübergreifend und funktionsorientiert gestaltet, um innovative Prinziplösungen zu erarbeiten und um auftretende Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen der unterschiedlichen Fachdisziplinen frühestmöglich erkennen und berücksichtigen zu können. Zudem beinhaltet diese Methodik ein Vorgehen zur modellbasierten Konkretisierung, sodass detaillierte, validierte Multidomänen-Modelle der erarbeiteten Prinziplösungen für den Bereich der Systemintegration zur Verfügung stehen. Einen wesentlichen Bestandteil stellt eine entwickelte Parameteridentifikations- und Modellvalidierungsmethodik dar. Das hierzu entstandene Parameteridentifikations-Tool, bestehend aus einem FMU-Interface sowie einer MATLAB-Identifikationsumgebung, zeichnet sich besonders durch die leichte Einbindung von Dynamikmodellen aus, unabhängig von deren Modellentwicklungslandschaften, was ein Höchstmaß an Flexibilität bietet. Die Identifikationsumgebung ermöglicht es zudem, komplexe, nichtlineare Multidomänen-Modelle mittels etablierter Verfahren teilautomatisiert zu identifizieren. Die Leistungsfähigkeit der entworfenen Methodik sowie die Anwendung werden an einem Praxisbeispiel aus der Industrie aufgezeigt. Anschließend wird die Übertragbarkeit an weiteren Beispielen demonstriert.

### **Messen, Tagungen, Seminare** **Fairs, conferences, seminars**

**International Conference on System-Integrated Intelligence 2018**  
Nach den Vorgängerveranstaltungen 2012 in Hannover, 2014 in Bremen und 2016 in Paderborn fand die „4th International Conference on System-Integrated Intelligence: Intelligent, Flexible and Connected Systems in Products and Production (SysInt 2018)“ in Hannover statt. Unter der Schirmherrschaft des Heinz Nixdorf Instituts, des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (Leibniz Universität Hannover), LogDynamics (Bremen Research Cluster for Dynamics in Logistics) und ISIS Sensorial Materials: Integrated Solutions in Sensorial Structure Engineering (Universität Bremen) präsentierte sich die Konferenz als ein Forum für Interessierte aus Forschung und Industrie für den Austausch über ihre neuesten Forschungsergebnisse und Praxiserfahrungen.  
*19. – 20. Juni 2018, Hannover*

**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 Testscenarien 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*

*Laufzeit: 2017–2020*

**Smart Headlamp Technology (SHT)**

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines optimierten, ressourcen-effizienten 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 Fahr Simulator erlauben, lichttechnische Funktionen eines Scheinwerfers in den ersten Stadien der Produktentwicklung zu bewerten, ohne dass ein Prototyp vorliegen muss.

*Förderinstitution/Funding: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung*

*Laufzeit/Term: 2017–2020*

**Optimalsteuerung für ein Mehrfachpendel-system**

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*

**Analyse und Synthese von Regelungskonzepten für einen pneumatischen Muskel**

Pneumatische Aktoren, insbesondere pneumatische Muskel, finden sich aufgrund ihrer preiswerten Anschaffung in vielen industriellen Anwendungen. Dabei erfordert das nichtlineare dynamische Verhalten dieser Aktoren den Einsatz geeigneter Regelungskonzepte. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist daher die Entwicklung und Analyse neuartiger Regelalgorithmen auf Grundlage mathematischer Prozessmodelle zur Optimierung der Regelgüte des Gesamtsystems.

*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 dyna-

mische 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*

**Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

**Publikationen**  
**Publications**

Heinemann, A.: 'Horrent with Mysterious Spiculæ'. Augustus De Morgan's Logic Notation of 1850 as a 'Calculus of Opposite Relations', in: Journal History and Philosophy of Logic Volume 39(1), 2018, S. 29–52.

Milkov, N.: "Bertrand Russell's Religion without God and Dogma", in: Rod Nicholls and Heather Salazar (eds.), The Philosophy of Spirituality, Leiden: Brill Publishing, 2018, S. 250–72.

Milkov, N.: "Drei Länder und vier Universitäten. Hans Reichenbachs Odyssee als Naturphilosoph", in: Max Beck und Nicholas Coomann (Hg.), Deutschsprachige Philosophie im amerikanischen Exil 1933–1945. Historische Erfahrung und Begriffliche Transformation. Deutschsprachige Philosophie im Exil in den USA 1933–1945, Wien: Litt Verlag, 2018, S. 61–77.

Milkov, N.: "Hermann Lotze and Franz Brentano", in: Philosophical Readings X:2 (2018), 115–22. <https://virgo.unive.it/ojs2/index.php/phr/article/view/20>.

Milkov, N.: 1a. Translation in Portuguese (by Prof. Dr. Evandro O. Brito, Prof. Msc. Ernesto M. Giusti, Prof. Dr. Bruno Aislã dos Santos e Prof. Msc. Camila Bozzo) as: "Hermann Lotze e Franz Brentano", in: Guairacá - Revista de Filosofia, vol. 34:1 (2018), S. 26–44. (DOI 10.5935 / 2179-9180.20180003) <https://revistas.unicen-tro.br/index.php/guairaca/article/view/5567>

Milkov, N.: The Philosophy of Logical Atomism (in Russian), Sankt-Petersburg: "Nauka [Science]" Publishing House (of the Russian Academy of Sciences), 2018.

Peckhaus, V.: 4 Rezensionen in Mathematical Reviews 2017/18.

Peckhaus, V.: 8 Rezensionen in Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete 2017/18.

Peckhaus, V.: "Scholz, Heinrich", Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2018 Edition), hg. v. Ed. N. Zalta, <https://plato.stanford.edu/entries/scholz>.

Peckhaus, V.: „Georg Cantor und die Anfänge der Grundlagenforschung“, Abstract, in: Ge-

meinsame Jahrestagung GDM und DMV 2018. Paderborn, 5.–9. März 2018. Book of Abstracts, o.O.u.J. (Paderborn 2018), 42.

Peckhaus, V.: Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, 2., neubearb. u. wesentl. erg. Aufl., Bd. 7: Re–Te, hg. v. Jürgen Mittelstraß, J.B. Metzler: Stuttgart 2018, Artikel „Reinhold, Christian Gottlieb Ernst Jens“, S. 59–60.

Peckhaus, V.: Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, 2., neubearb. u. wesentl. erg. Aufl., Bd. 8: Th–Z, hg. v. Jürgen Mittelstraß, J.B. Metzler: Stuttgart 2018, Art. „Verknüpfung“, 299–300, „Weierstraß, Karl Theodor Wilhelm“, 431–433, „Wiener, Ludwig Christian“, 497–498, „Zermelo-Fraenkel'sches Axiomensystem“, mit Christian Thiel, 666–667, „Zermelosches Axiom“, 669.

Wille, M.: „Poiesis und philosophisches Handwerk: Peter Janich (1942–2016)“, in: Journal for the General Philosophy of Science/Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie 49(1), 2018, S. 1–21.

Wille, M.: „Vygotski, Lev Semjonowitsch“, in: Jürgen Mittelstraß (Hrsg.): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Band 8: Th–Z, J. B. Metzler, Stuttgart/Weimar 20182, S. 367–368.

Wille, M.: Gottlob Frege. Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2018.

**Weitere Funktionen**  
**Additional functions**

- Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Dekan der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn (Wiederwahl 2010)
- 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)
- Bis 2016 stellvertretender Vorsitzender der Deutschen Vereinigung für Mathema-

**Philosophy of Science and Technology**

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

tische Logik und Grundlagenforschung der exakten Wissenschaften (DVMLG)

- Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats der Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte
- 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 Aporía. Revista internacional de investigaciones filosóficas

**Aktuelle Forschungsprojekte**  
**Current research projects**

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 Neuauflage 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)

Phänomen und Konstrukt. Oskar Beckers Philosophie der Mathematik (Eigenprojekt Ronny Becker)

## So finden Sie uns

## How to find us

### Anreise mit dem Auto

Verlassen Sie die Autobahn A33 an der Ausfahrt Paderborn-Elsen. Biegen Sie auf die Bundesstraße B1 und folgen der Beschilderung nach Bad Lippspringe/Detmold. Nach 1,5 km fahren Sie an der Ausfahrt Paderborn/Schloss-Neuhaus von der B1 ab. An der Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) fahren Sie geradeaus auf den Heinz-Nixdorf-Ring und biegen an der nächsten Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Fürstenallee) links in die Fürstenallee. Das Heinz Nixdorf Institut liegt nach 300 m auf der rechten Seite.

### Travelling by car

From the A33 take the exit Paderborn-Elsen. Turn onto main road B1 towards Bad Lippspringe/Detmold. After 1.5 km leave B1 at the exit Paderborn/ Schloss Neuhaus. Continue straight ahead at the traffic lights (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) onto the Heinz-Nixdorf-Ring and turn left at the next set of lights (Heinz-Nixdorf-Ring, Fürstenallee) onto Fürstenallee. The Heinz Nixdorf Institute is 300 m along this street on the right-hand side.

### Anreise mit dem Flugzeug

Vom Flughafen Paderborn/Lippstadt nehmen Sie ein Taxi (25 Minuten, ca. 35 Euro) oder die Buslinie S60 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. S60 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).

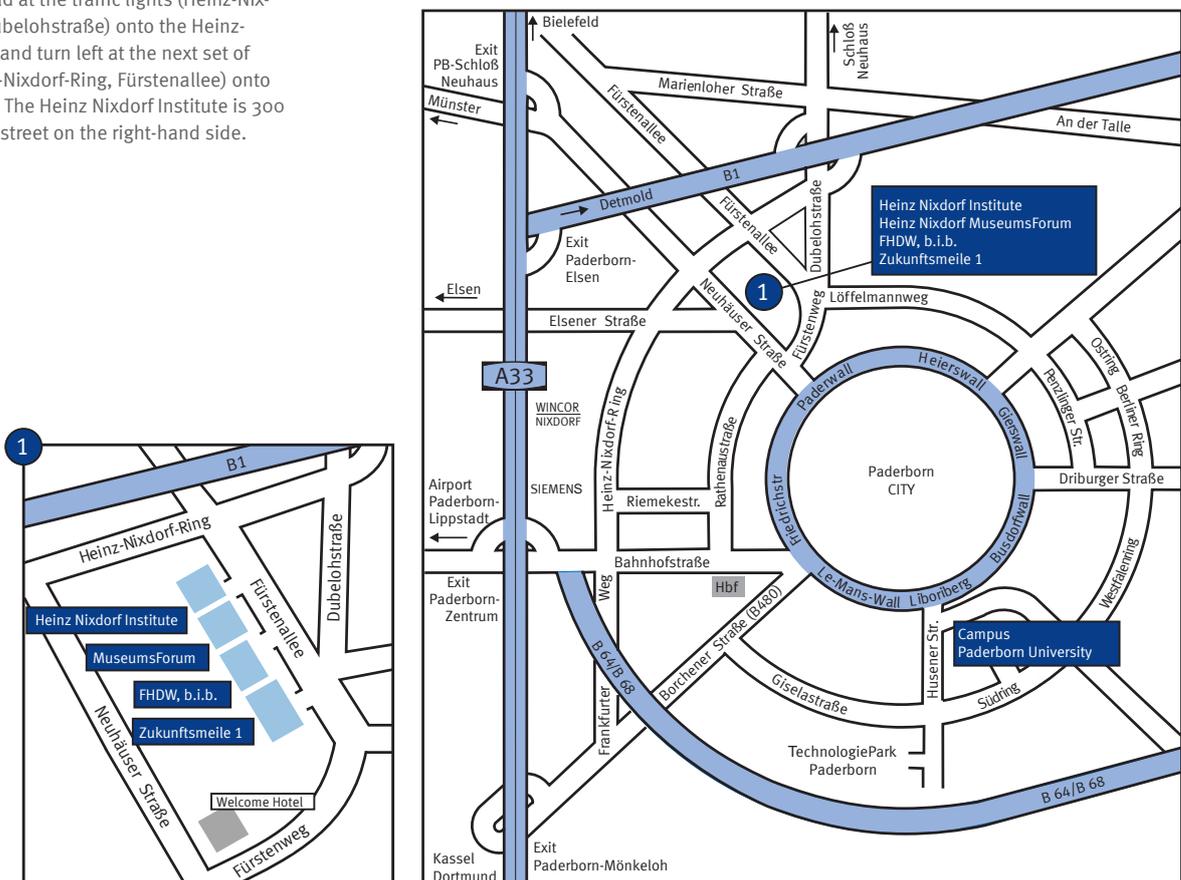
### Anreise mit der Bahn

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

Katharina Horn, M.A.  
Telefon: +49 5251 | 60 62 09  
Kerstin Sellerberg, M.A.  
Telefon: +49 5251 | 60 62 13  
E-Mail: redaktion@hni.upb.de

### Kontakt

Milena Mungiuri Meissner  
Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Telefon: +49 5251 | 60 62 11

### Auflage

900 Exemplare

### Realisierung und Herstellung

Katharina Horn, Julia Kipper, Ronja-Kathrin Klipp, Kerstin Sellerberg

### Bildnachweise

Seiten 12/13: © fotolia, Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Seiten 16/17: © fotolia/Karin & Uwe Annas  
Seiten 20/21, 23, 24, 27: © it's OWL  
Seite 22: © Claas  
Seiten 34/35, 36/37: © Fraunhofer IEM  
Seiten 40/41: © fotolia/Rawpixel.com  
Seiten 62/63: © iStock/jamesteohart  
Seiten 72/73: © Nordzucker AG  
Seiten 70, 94, 132, 152: © David Gense  
Seite 76: © Design Society  
Seiten 84/85: © fotolia/zapp2photo  
Seiten 96/97: © iStock/nevarpp  
Seite 112: © istock/a-image  
Seiten 122/123: © fotolia/tcareob72  
Seiten 134/135: © fotolia/metamorworks  
Seite 143: © iStock/chombosan

### Druck

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15  
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

### Berichtszeitraum

1. Januar bis 31. Dezember 2018

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

Katharina Horn  
Phone: +49 5251 | 60 62 09  
Kerstin Sellerberg, M.A.  
Phone: +49 5251 | 60 62 13  
E-mail: redaktion@hni.upb.de

### Contact

Milena Mungiuri Meissner  
Heinz Nixdorf Institute  
Paderborn University  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49 5251 | 60 62 11

### Circulation

900 Copies

### Realisation and production

Katharina Horn, Julia Kipper, Ronja-Kathrin Klipp, Kerstin Sellerberg

### Picture credits

Pages 12/13: © fotolia, Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Pages 16/17: © fotolia/Karin & Uwe Annas  
Pages 20/21, 23, 24, 27: © it's OWL  
Page 22: © Claas  
Pages 34/35, 36/37: © Fraunhofer IEM  
Pages 40/41: © fotolia/Rawpixel.com  
Pages 62/63: © iStock/jamesteohart  
Pages 72/73: © Nordzucker AG  
Pages 70, 94, 132, 152: © David Gense  
Page 76: © Design Society  
Pages 84/85: © fotolia/zapp2photo  
Pages 96/97: © iStock/nevarpp  
Page 112: © istock/a-image  
Pages 122/123: © fotolia/tcareob72  
Pages 134/135: © fotolia/metamorworks  
Page 143: © iStock/chombosan

### Printed by

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15  
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

### Period of review:

1 January until 31 December 2018

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)