

# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



## **Mitglieder des Vorstands**

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

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

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

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

\* Mitglieder im geschäftsführenden Vorstand

\* Members of Executive Board

#### **Ehrenmitgliedschaften:**

##### **Honorary membership:**

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

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

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

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

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

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

Dipl.-Ing. Wilfried Bröckelmann

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

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

Theresa Scheutzow

## **Mitglieder des Kuratoriums**

### **Members of curatorship**

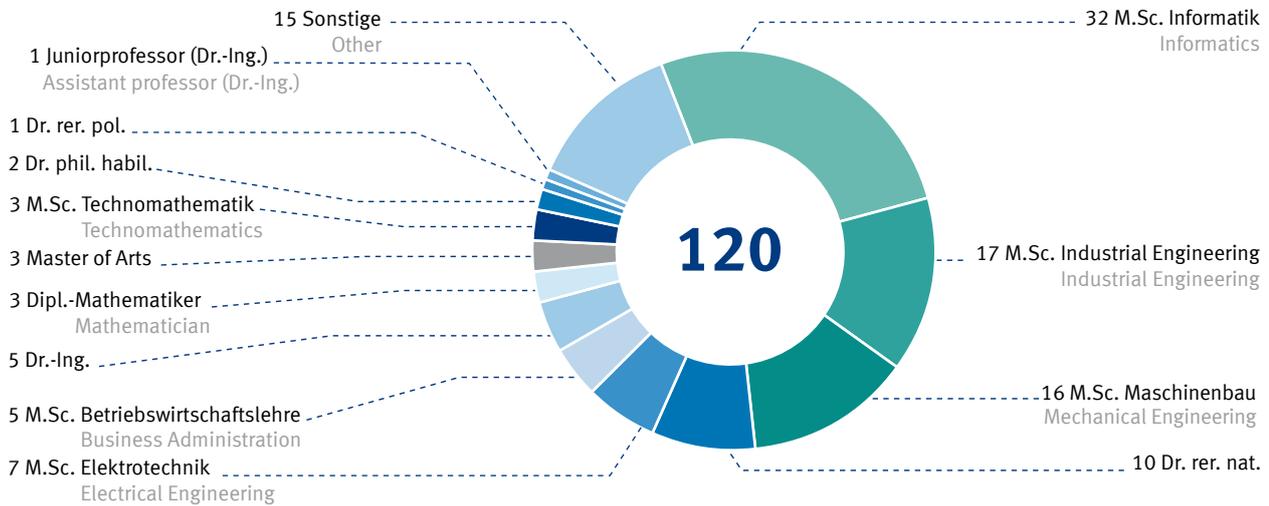
Michael Dreier, Bürgermeister der Stadt Paderborn  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Kraemer, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg  
Prof. Dr. Jan Lunze, Ruhr-Universität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

## Das Institut in Zahlen

### Instituts statistics

#### Akademisches Profil des interdisziplinären Instituts

#### Academic profile of the interdisciplinary institute

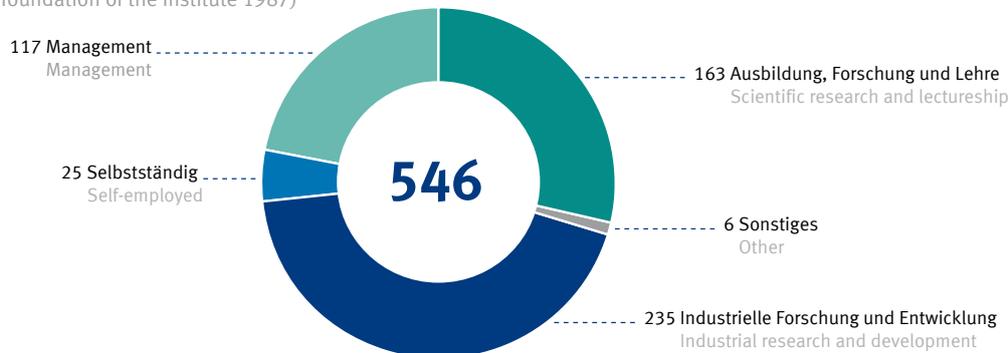


#### Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

#### Activities of employees with PhD

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

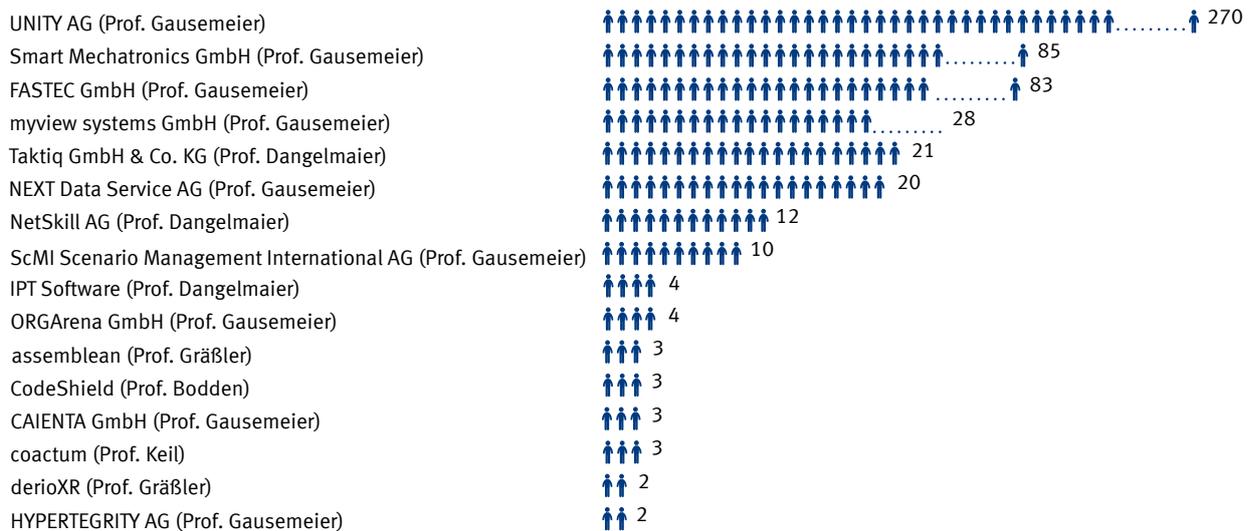


#### Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut

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

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

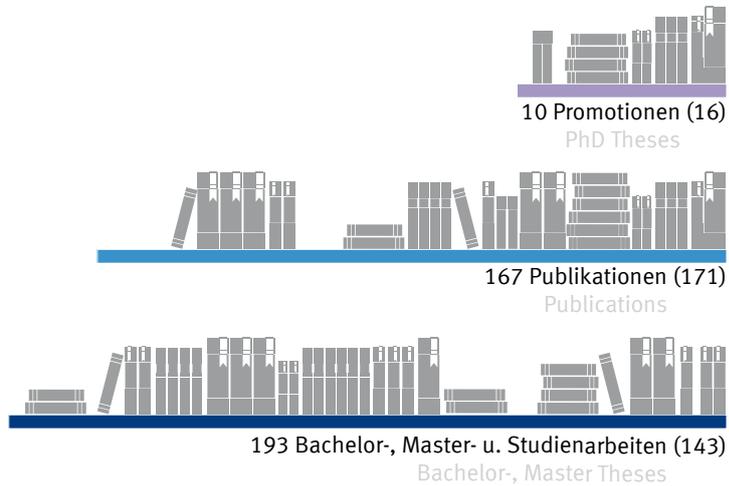


## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

### Scientific results and publications

(Vorjahr 2019)

(Previous year 2019)

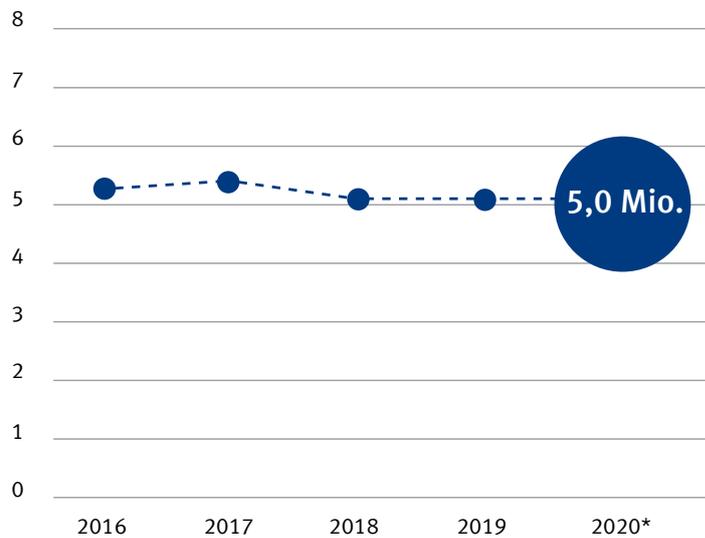


## Drittmittel

### External funds

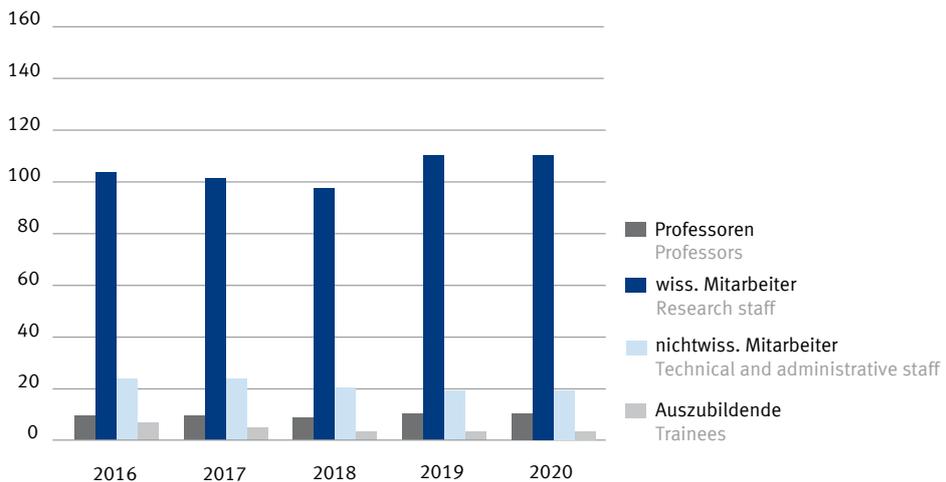
Drittmittel in Mio. EURO  
Third-party funds in Mill. EUR

\*geschätzter Wert  
\*estimated value

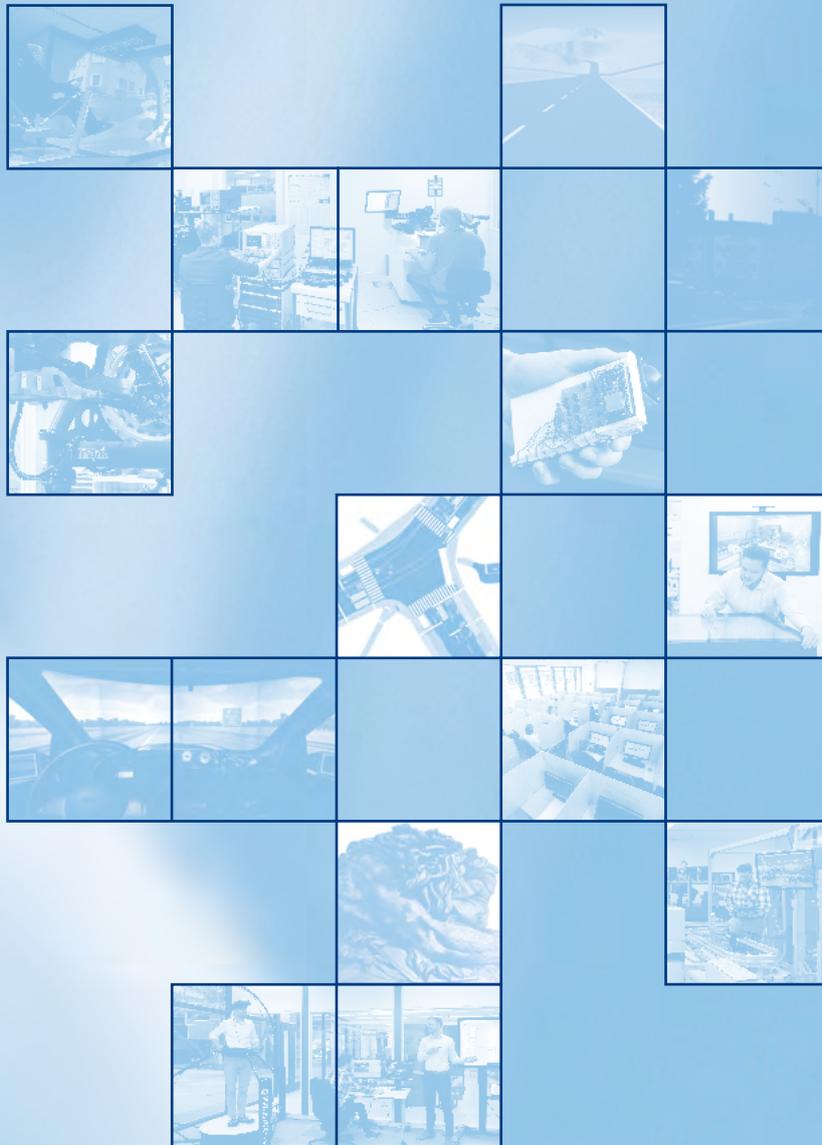


## Anzahl der Beschäftigten

### Number of employees



# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



Jahresbericht  
Annual Report 2020

---

## 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 Nachwuchswissenschaftler/innen.

---

## We are ...

---

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

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

Innovation requires top-class minds. We teach our talented young people the expertise, methodology and social skills that the future demands and prepare them for taking up responsible positions in business and science. Every year, around 20 young researchers complete their doctorate at our institute.

---

## Inhalt

---

### Allgemeine Darstellung

<b>Umschlag vorne</b>	<b>Das Institut in Zahlen</b>
<b>Seite 6</b>	<b>Unser Leitbild</b>
<b>Seite 8</b>	<b>Unser Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte</b>
<b>Seite 24</b>	<b>Forschungsinfrastruktur</b>
<b>Seite 38</b>	<b>Strategische Kooperationen</b>
<b>Seite 50</b>	<b>Internationalität</b>
<b>Seite 52</b>	<b>Engagement in der Nachwuchsförderung</b>

---

### Fachgruppen des Instituts

<b>Seite 62</b>	<b>Softwaretechnik</b> <b>Prof. Dr. Eric Bodden</b>
<b>Seite 74</b>	<b>Advanced Systems Engineering</b> <b>Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu</b>
<b>Seite 86</b>	<b>Behavioral Economic Engineering and Responsible Management</b> <b>Prof. Dr. René Fahr</b>
<b>Seite 98</b>	<b>Produktentstehung</b> <b>Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler</b>
<b>Seite 110</b>	<b>Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen</b> <b>Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier</b>
<b>Seite 122</b>	<b>Algorithmen und Komplexität</b> <b>Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide</b> <b>Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy</b>
<b>Seite 136</b>	<b>Schaltungstechnik</b> <b>Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt</b>
<b>Seite 148</b>	<b>Regelungstechnik und Mechatronik</b> <b>Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler</b>

---

## Content

---

### General description

Statistics of the institute	Cover inside
Our guiding principles	Page 7
Our research programme and priority projects in research	Page 9
Research infrastructure	Page 25
Strategic cooperations	Page 39
Internationality	Page 51
Commitment to support young researchers	Page 53

---

### Workgroups of the institute

Software Engineering Prof. Dr. Eric Bodden	Page 63
Advanced Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu	Page 75
Behavioral Economic Engineering and Responsible Management Prof. Dr. René Fahr	Page 87
Product Creation Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler	Page 99
Intelligent Systems and Machine Learning Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier	Page 111
Algorithms and Complexity Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Assistant Prof. Dr. Gleb Polevoy	Page 123
System and Circuit Technology Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt	Page 137
Control Engineering and Mechatronics Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler	Page 149

## Assoziierte Fachgruppe

**Seite 160** **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**  
**Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus**

---

## Weitere Aktivitäten

**Seite 168** **Publikationen**

**Promotionen**

**Messen, Tagungen, Seminare**

**Patente, Preise, Auszeichnungen**

**Weitere Funktionen**

**Spin-Offs**

**Aktuelle Forschungsprojekte**

**Aktuelle Industriekooperationen**

**Wissenschaftliche Kooperationen**

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

**Umschlag** **Impressum**

## Associated workgroup

**Philosophy of Science and Technology** [Page 161](#)  
**Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus**

---

## Additional activities

**Publications** [Page 169](#)

**PhD Theses**

**Fairs, conferences, seminars**

**Patents, prizes, awards**

**Additional functions**

**Spin-offs**

**Current research projects**

**Current industry cooperations**

**Scientific cooperations**

**How to find us** [Page 196](#)

**Imprint** [Cover](#)



## Unser Leitbild

Wir erleben den Wandel von den nationalen Industriegesellschaften zur globalen Informationsgesellschaft. Informations- und Kommunikationstechnik durchdringen alle Lebensbereiche; die Grenzen von gestern verlieren ihre Bedeutung. Die zentralen Herausforderungen unserer Zeit verlangen Innovationen, die allerdings das Vertraute ersetzen werden. In der Folge finden immer weniger Menschen in den klassischen Bereichen der Industrie Beschäftigung, weshalb viele den Wandel als Bedrohung empfinden und das Erreichte erhalten möchten. Diese Entwicklung eröffnet aber große Chancen und Gestaltungsmöglichkeiten. Es zeichnen sich neue Leistungsbereiche und Arbeitsplätze ab. Wir haben die Kompetenzen und die Kraft, die Zukunft zu gestalten. Wir wollen diese einsetzen, um Perspektiven zu erarbeiten und Zuversicht zu erzeugen.

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

### **Intelligente technische Systeme für die Märkte von morgen**

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

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

Wir wollen ein führendes Forschungsinstitut sein. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, müssen wir der Praxis entscheidende Impulse geben können, aber

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

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

Heinz Nixdorf, † 1986

## Our guiding principles

auch die Probleme von morgen frühzeitig erkennen und an deren Lösung arbeiten. Grundlagenforschung, die neue Erkenntnisse bringt und neue Möglichkeiten eröffnet, und angewandte Forschung, die einen aktuellen Praxisbezug aufweist, haben für uns den gleichen Stellenwert. Wir arbeiten strategisch mit dem Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM zusammen, das von Professoren aus dem Heinz Nixdorf Institut geführt wird.

### Engagement in der Nachwuchsförderung

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

### Messbare Ziele

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

- 1) Die Forschungsleistung soll herausragend sein. Wir messen sie an unserem Drittmittelaufkommen, an der Anzahl der Promotionen und Habilitationen sowie an der Anzahl von Publikationen in angesehenen Organen.
- 2) Unsere Arbeit soll in der Wirtschaft zu innovativen Produkten, Dienstleistungen und Leistungserstellungsprozessen führen. Indikatoren sind die Anzahl von Kooperationen mit der Wirtschaft und die Anzahl der Ausgründungen.
- 3) Unsere Absolvent/inn/en sollen einen adäquaten Arbeitsplatz in der Wirtschaft bzw. im wissenschaftlichen Umfeld erhalten.

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

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

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

### Intelligent technical systems for the markets of tomorrow

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

### Balance between fundamental research and applied research

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

the right impulses for industry to put into practice. We also need to anticipate the problems of tomorrow early on and work on finding solutions. We attach the same importance to fundamental research – which reveals new insights and opens up new opportunities – as we do to applied research, with its vital practical relevance. We cooperate strategically with the Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM, run by professors from the Heinz Nixdorf Institute.

### Commitment to supporting young talent

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

### Measurable goals

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

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

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

## Unser Forschungsprogramm



Wir haben technische Systeme im Blick, die auf dem Zusammenwirken von Ingenieur-, Naturwissenschaften und Informatik beruhen. Typisch für derartige Systeme sind die Erzeugnisse der Informations- und Kommunikationstechnik, des Maschinenbaus, der Verkehrstechnik, der Elektroindustrie und der Medizintechnik. Der Markterfolg der Erzeugnisse dieser Industrien wird stark bestimmt durch Ressourceneffizienz, Usability und Verlässlichkeit.

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

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

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

Geschäftsmodelle, welche etablierte Wertschöpfungsketten völlig umgestalten.

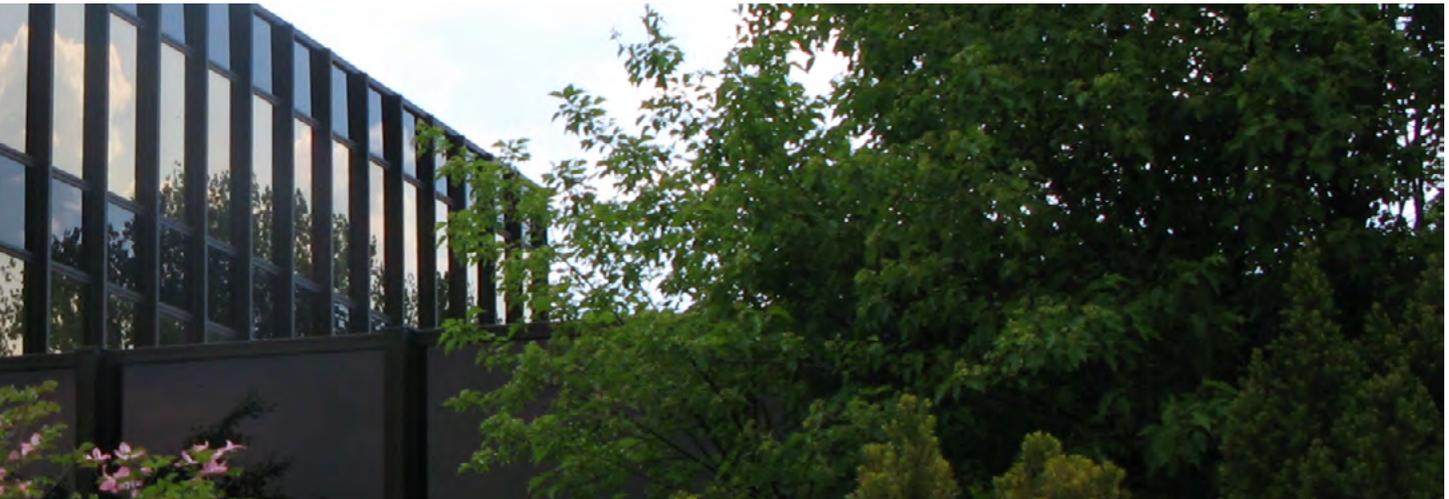
Dies erfordert neue Ansätze zur Gestaltung der technischen Systeme von morgen: Die Informationstechnik und auch nicht-technische Disziplinen, wie die Kognitionswissenschaft und die Neurobiologie, bringen eine Vielfalt an Methoden, Techniken und Verfahren hervor, mit denen sensorische, aktorische und kognitive Funktionen in technische Systeme integriert werden, die man bislang nur von biologischen Systemen kannte. Derartige Systeme bezeichnen wir als Intelligente Technische Systeme. Der Entwurf, die Kontrolle und die Realisierung solcher Systeme erfordern neuartige Herangehensweisen und stellen die interdisziplinäre Forschung vor neue Aufgaben.

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

---

## Our research programme

---



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

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

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

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

This requires new approaches to designing the technical systems of the future: information technology and also non-technical disciplines such as cognitive science and neurobiology provide a wide range of methods, technologies and processes that enable sensor, actuator and cognitive functions previously only found in biological systems to be integrated into technical systems. Such systems are termed intelligent technical systems; their design, control, and realisation require new approaches and presents interdisciplinary research with new challenges.

We work with procedure models, specification and modelling techniques, design and testing methodology, IT tools for synthesis and analysis, and technological concepts, which we develop further specific to each discipline and also together in joint research projects. This contexts provides us with an outstanding profiling opportunity: we want to position ourselves as a leading institute in the interdisciplinary design of intelligent technical systems.

### Structuring our research programme

We structure our research programme in the two dimensions research competencies and application areas. The dimension research competencies elucidates the emphases of our

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

**Strukturierung unseres Forschungsprogramms**

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

**Forschungskompetenzen**

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

- 1) **Lernfähigkeit, Adaptivität und Regelung:** Wir können heute das Phänomen beobachten, dass technische Systeme selbst in hochkomplexen, sich dynamisch verändernden Umgebungen funktionieren, vielfach ohne zentrale Koordination. Ermöglicht wird dies durch die Kombination klassischer Regelungs- und Steuerungstechnik mit modernen Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens, die solchen Systemen ein hohes Maß an Autonomie verleihen und mit der Fähigkeit der datengetriebenen Anpassung ihres Verhaltens ausstatten.
- 2) **Mechatronik, Sensorik und Kommunikation in verteilten Systemen:** In verteilten Systemen agiert eine mechatronische Komponente in einem Verbund vernetzter Teilsysteme, die kommunizieren und kooperieren. Es sind Softwarelösungen gefragt, die eine nachweisbare Übertragungsqualität garantieren. Wichtig, um dieses Ziel zu erreichen, sind mehrschichtige Softwarearchitekturen.
- 3) **Safety und Security:** Die Betrachtung von Safety-Eigenschaften ist eine Kernfragestellung im Entwurf Intelligenter Technischer Systeme und Bestandteil heutiger Entwicklungsmethodiken. Ziel ist es, diese Methodiken so zu erweitern, dass die entworfenen Systeme „Secure by Design“ sind, also aufgrund ihres Entwurfs auch aktiven Angriffen möglichst gut standhalten können. Im Gegensatz zur Safety-Problematik bedarf dies insbesondere einer Minimierung der Angriffsfläche und somit der notwendigen Funktionalität.

- 4) **Entwurfsmethodik:** Im Sinne der Nutzerzentrierung steht „Voice of the Customer“ im Mittelpunkt der Entwurfsmethodik. Nur so können Zusatzfunktionen und -dienste identifiziert werden, die den Endkunden überraschen und begeistern. Ziel ist eine durchgängige modellbasierte Entwurfsumgebung, die bei den Anforderungen beginnt und sämtliche Phasen des Entwurfs bis zur Inbetriebnahme umfasst.
- 5) **Strategische Planung und Interaktion:** 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, Plattformen
- 3) Soziotechnische Systeme, Märkte

Die dargestellte Grafik zeigt 22 repräsentative Forschungs- und Entwicklungsprojekte; einige werden auf den folgenden Seiten vorgestellt.

Research Application Areas / Competencies	1 Learning Capacity, Adaptivity and Regulation	2 Mechatronics, Sensing & Communication in Distributed Systems
<b>A</b> Intelligent Technical Systems, Cyber-Physical Systems	it's OWL	it's OWL
	Flexible Arbeitswelten	
		L-Lab
	DART	PPS
		SPP 2111
<b>B</b> Distributed IT-Systems, Platforms	KI Marktplatz	KI Marktplatz
	SFB 901	SFB 901
	FLEMING	METERACOM
<b>C</b> Sociotechnical Systems, Markets		

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) Learning capacity, adaptivity and regulation: Today, we observe the phenomenon that technical systems are working even in highly complex and dynamically changing environments, and often without central coordination. This becomes possible through the combination of traditional control engineering with modern methods from artificial intelligence and machine learning, which allow such systems to act autonomously and to adapt their behavior in a data-driven manner.
- 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 interaction: 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, Platforms
- 3) Sociotechnical Systems, Markets

The figure shows 22 representative research and development projects; some of these projects are presented in the following.

3	4	5
Safety & Security	Design Methodology	Strategic Planning & Interaction
it’s OWL	it’s OWL	it’s OWL
	OptiAMix	DizRuPt
Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten
DiD	ImPaKT	
COMPACT	COMPACT	SeRoNet
	Leicht-Effizient-Mobil	
	SPP 2111	
KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz
SFB 901	SFB 901	SFB 901
ANYWHERE		ANYWHERE
DiD		
SAFE4I	SAFE4I	SeRoNet
SCALE4EDGE	SCALE4EDGE	
DiD		SORISMA
	IMPRESS	IMPRESS

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

- SFB 901: Seite 12 | Page 13
- SPP 2111: Seite 16 | Page 17
- KI Marktplatz: Seite 18 | Page 19
- Flexible Arbeitswelten: Seite 22 | Page 23
- it’s OWL: Seite 42 | Page 43
- SORISMA: Seite 78 | Page 79
- SCALE4EDGE: Seite 140 | Page 141
- METERACOM: Seite 144 | Page 145
- PPS: Seite 154 | Page 155
- DART: Seite 156 | Page 157

## 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/innen 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

### Transferinitiativen des SFB 901

Aufbauend auf den Forschungsergebnissen des SFB konnten wir im letzten Jahr zwei Transferprojekte und diverse weitere Forschungsinitiativen mit unseren Industriepartnern starten.

Im Transferprojekt T1 wird zusammen mit der Weidmüller Interface GmbH & Co. KG an einer „flexiblen Umsetzung von Industrial-Analytics-Funktionen auf rekonfigurierbaren System-on-Chip (rSoC)“ gearbeitet. Industrial Analytics bezeichnet den aktuellen Trend in der Automatisierungstechnik, eine Vielzahl von Messwerten von Maschinen und aus Produktionsprozessen zu erfassen und zu analysieren, um einen Mehrwert für den zukünftigen Betrieb zu erzeugen. Die Herausforderungen beim Einsatz von rSoC für Industrial Analytics sind einerseits die benötigte Flexibilität in der Systemauslegung und andererseits die zunehmende Heterogenität der rSoC-Plattformen. Die Kombination von zunehmender Dynamik der Aufgaben und Heterogenität der zugrunde liegenden Architekturen ist auch das Leitthema im Teilprojekt C2 des SFB. Dort entwickeln wir Verfahren für die transmodale und heterogene Migration, bei der Funktionen zwischen Software und Hardware, aber auch zwischen verschiedenen Prozessortypen verschoben werden können.

Im Transferprojekt T2 „Praxistaugliche kryptographische Techniken für sichere und datensparsame Kundenbindungssysteme“ wird zusammen mit der Diebold Nixdorf Systems GmbH ein neuartiges Kundenbindungssystem für den Einzelhandel umgesetzt und evaluiert. Im Vergleich zu den zurzeit eingesetzten Verfahren, die einerseits Vertrauen gegenüber dem Betreiber voraussetzen und andererseits teuer, komplex, intransparent und somit sicherheitskritisch sind, wird das zu entwickelnde System sowohl in Sicherheit und Schutz der Privatsphäre als auch in der Wirtschaftlichkeit neue Maßstäbe setzen. Hierzu werden die im Teilprojekt C1 des SFB bereits entwickelten kryptographischen Techniken für anonyme Berechtigungsnachweise sowie attributbasierte Signaturen weiterentwickelt und für die Anwendung in Kundenbindungssystemen optimiert.

Ein weiteres Transferprojekt T3 zusammen mit der SAP SE ist zurzeit in der Antrags-Pipeline. Hier soll erforscht werden, wie die im Projektbereich B des SFB entwickelten Techniken zur Qualitätssicherung von Services in OTF-Märkten für das sichere Handling von Open-Source-Abhängigkeiten in großen Software-Entwicklungs-Ökosystemen angewendet werden können. Zu diesem Zweck soll ein Werkzeugkasten aufgebaut werden, der Entwickler bei der Abschätzung des Risikos unterstützt, welches durch die Verwendung von Software-Services von Drittanbietern entsteht, d.h., der Entwickler soll Schwachstellen zuverlässig identifizieren, selbst in Situationen, in denen der entsprechende Code neu verpackt oder aus dem Quellcode neu kom-

piliert wurde. Darüber hinaus soll der Werkzeugkasten durch geeignete Gegenmaßnahmen Entwicklern ermöglichen, die Angriffsfläche ihrer Anwendungen zu minimieren und ihre Ausführung gegen bestimmte Schwachstellen wirksam zu schützen.

Aus unserer bereits in der zweiten Projektphase gestarteten Initiative „SFB meets Industry“ haben sich in der Zwischenzeit vielversprechende und vertiefende Kontakte ergeben. So konnten wir durch mehrere Fortsetzungstreffen mit der Geschäftsführung der Trusted Shops GmbH eine Kooperation vereinbaren, die mittelfristig in einer größeren Projektzusammenarbeit münden soll. Inhaltlich sind hier insbesondere die Teilprojekte A4 (Thema Zertifizierungen), C1 (Thema kryptographische Techniken) und C5 (Thema Geschäftsmodelle) des SFB involviert.

Des Weiteren hat im Rahmen der Software-Campus-Initiative des BMBF der Doktorand Sebastian Gottschalk vom Teilprojekt C5 des SFB das Projekt „KOVAS – Kollaborative Validierung von Services in Software Ökosystemen“ gestartet. Die Idee des Software-Campus ist, dass Promovierende basierend auf ihrer gewonnenen Expertise ein eigenständiges Forschungsprojekt zusammen mit einem Industriepartner (hier mit der DATEV eG) durchführen. In dem Projekt wird untersucht, wie sich Ideen (in Form von Geschäftsmodellen und Produktfunktionen) für neue Services in Software-Ökosystemen kollaborativ durch Endnutzer validieren lassen, um so die Gefahr von teuren Fehlentwicklungen zu reduzieren.

Durch unsere Arbeiten an dem für die Anwendungsdomäne des „Automatischen Maschinellen Lernens“ entwickelten „Proof-of-Concept“ (kurz: PoC) ergab sich zudem eine Beteiligung eines Großteils des SFB-Konsortiums an der durch das BMWi geförderten Projektinitiative KI-Marktplatz. Hier soll ein Innovationsökosystem rund um eine digitale Plattform entstehen, die KI-Experten, Lösungsanbieter und produzierende Unternehmen zusammenbringt. In der finalen Ausbaustufe soll dann ein Baukasten für KI in der Produktentstehung erstellt werden, sodass standardisierte Module flexibel miteinander kombiniert werden können. Der prinzipiell domänenunabhängig konzipierte PoC des SFB kann für dieses Vorhaben eine wichtige Plattform sein.



**Dr. Ulf-Peter Schroeder**

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

Telefon: +49 5251 | 60 67 26



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



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

### Transfer initiatives of CRC 901

Building on the research results of the CRC, we were able to launch two transfer projects and various other research initiatives with our industrial partners last year.

In the transfer project T1, we work together with Weidmüller Interface GmbH & Co. KG on a “flexible implementation of industrial analytics functions on reconfigurable Systems-on-Chip (rSoC)”. Industrial Analytics refers to the current trend in automation technology to record and analyse a large number of measured values from machines and from production processes in order to generate added value for future operations. The challenges in using rSoC for Industrial Analytics are, on the one hand, the required flexibility in system design and, on the other hand, the increasing heterogeneity of rSoC platforms. The combination of increasing task dynamics and heterogeneity of the underlying computer architectures is also the main topic in subproject C2 of the CRC. There, we develop methods for the transmodal and heterogeneous migration, where functions can be moved at runtime between software and hardware, but also between different processor types.

In the transfer project T2 “Practicable cryptographic techniques for secure and data-efficient customer loyalty systems”, a novel customer loyalty system for the retail sector is being implemented and evaluated together with Diebold Nixdorf Systems GmbH. Compared to the currently used methods, which, on the one hand, require trust towards the operator and, on the other hand, are expensive, complex, non-transparent and, therefore, security-critical, the system to be developed will set new standards in security and protection of privacy as well as in economic efficiency. For this purpose, the cryptographic techniques for anonymous credentials and attribute-based signatures already developed in subproject C1 of the CRC will be further developed and optimised for use in customer loyalty systems.

A further transfer project T3 together with SAP SE is currently in the application pipeline. Here, it is to be investigated how the techniques for the quality assurance of services in OTF markets developed in project area B of the CRC can be applied for the secure handling of open source dependencies in large software development ecosystems. For this purpose, a toolkit will be developed to support developers in assessing the risk that arises from the use of third-party software services, i.e. the developer should reliably identify vulnerabilities even in situations where the corresponding code has been repackaged or recompiled from the source. In addition, the toolkit is intended to enable developers to minimise the attack surface of their applications and to effectively protect

their execution against specific vulnerabilities by taking appropriate countermeasures.

In the meantime, our initiative “SFB meets Industry”, which was already launched in the second project phase, has resulted in promising and deepening contacts. Through several follow-up meetings with the management of Trusted Shops GmbH, we were able to agree on a cooperation, which should lead to a larger project cooperation in the medium term. The subprojects A4 (topic certifications), C1 (topic cryptographic techniques) and C5 (topic business models) of the CRC are particularly involved.

Furthermore, within the framework of the Software Campus Initiative of the BMBF, PhD student Sebastian Gottschalk from subproject C5 of the CRC has started the project “KOVAS – Collaborative Validation of Services in Software Ecosystems”. The idea of the Software-Campus is that PhD students conduct an independent research project together with an industrial partner (here with DATEV eG) based on their gained expertise. The project will investigate how ideas (in the form of business models and product functions) for new services in software ecosystems can be collaboratively validated by end users in order to reduce the risk of expensive mis-developments.

Our work on the “Proof-of-Concept” (short: PoC) developed for the application domain of “Automatic Machine Learning” also resulted in the participation of a large part of the CRC consortium in the project initiative AI Marketplace, which is funded by the BMWi. The aim is to create an innovation ecosystem around a digital platform that brings together AI experts, solution providers and manufacturing companies. In the final stage of development, a toolkit for AI in product development will be created so that standardised modules can be flexibly combined with each other. The CRC’s PoC, which is in principle domain-independent, can be an important platform for this project.



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



Supported by: German Research Foundation (DFG)



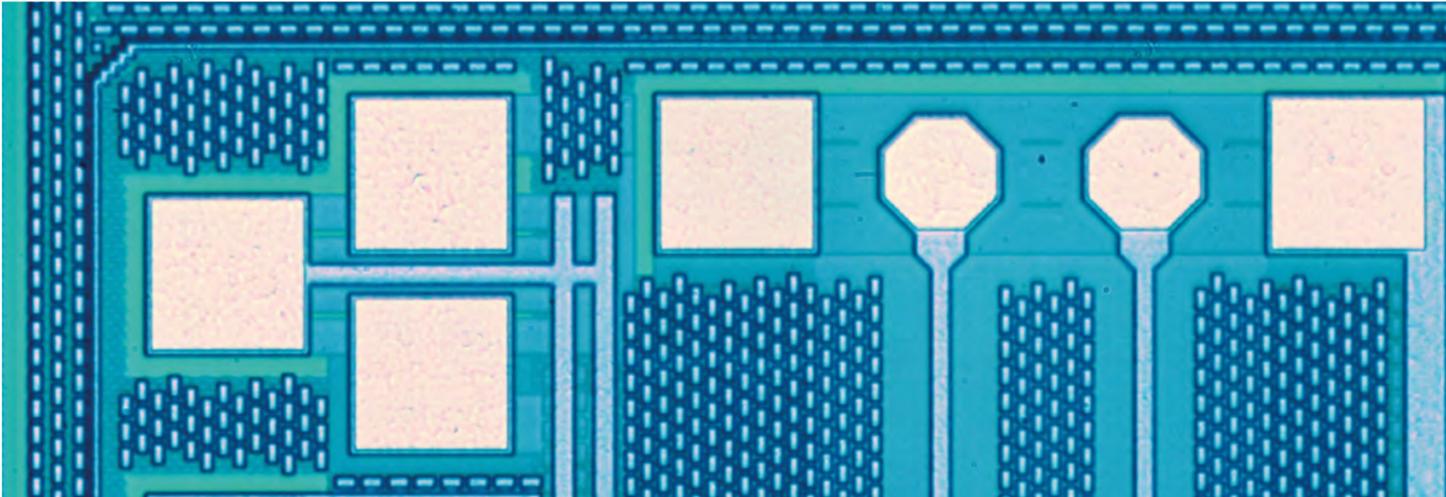
[sfb901.upb.de](http://sfb901.upb.de)

---

## DFG-Schwerpunktprogramm 2111

Elektronisch-photonische Signalverarbeitung mit nanophotonischen/-elektronischen ICs

---



Im Schwerpunktprogramm „Integrierte elektronisch-photonische Systeme für die ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP2111) erforschen 17 Forschergruppen aus Deutschland neue elektronisch-photonische Systeme auf Basis der Siliziumphotonik-Technologie. Das Schwerpunktprogramm wird von der DFG gefördert und von Professor Christoph Scheytt koordiniert.

Photonik auf Basis von Silizium ist eine Schlüsseltechnologie am Anfang des 21. Jahrhunderts. Siliziumphotonik ermöglicht die Kombination von nanophotonischen Schaltungen (optische Wellenleiter, Filter, Schalter, Modulatoren, Detektoren) mit integrierten elektronischen Schaltungen (Prozessoren, Speicher, Hochfrequenzelektronik u. a.). Die Kombination von komplexer Elektronik und miniaturisierter Photonik auf einem Chip ermöglicht völlig neue Systeme für die Signalverarbeitung und Kommunikation.

Im Verlauf der ersten zwei Jahre haben sich besonders drei Forschungsgebiete als zukunftsweisend herausgestellt. Zum einen lassen sich mit elektronisch-photonischen integrierten Schaltungen neuartige extrem schnelle Analog-Digital-Wandler und Digital-Analog-Wandler realisieren. Ein weiteres Forschungsgebiet betrifft die Signalverarbeitung mit sehr hoher Bandbreite bis hin zu Bandbreiten von mehr als 1 THz (1 THz = 1000 GHz). Ein dritter Forschungsbereich betrifft die Frequenzerzeugung mit extrem kleinem Rauschen, die insbesondere durch miniaturisierte modengekoppelte Laser ermöglicht wird.

Neben der Koordination des Schwerpunktprogramms arbeitet die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ des Heinz Nixdorf Instituts in zwei Projekten an elektronisch-photonischen Analog-Digital-Wandlern und Digital-Analog-Wandlern. Das Foto zeigt eine erste Version eines komplexen Siliziumphotonik-Chips, der es erlaubt, Analogsignale mit bis zu 120 GHz Bandbreite zu digitalisieren.



**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.dfg-spp2111.de](http://www.dfg-spp2111.de)

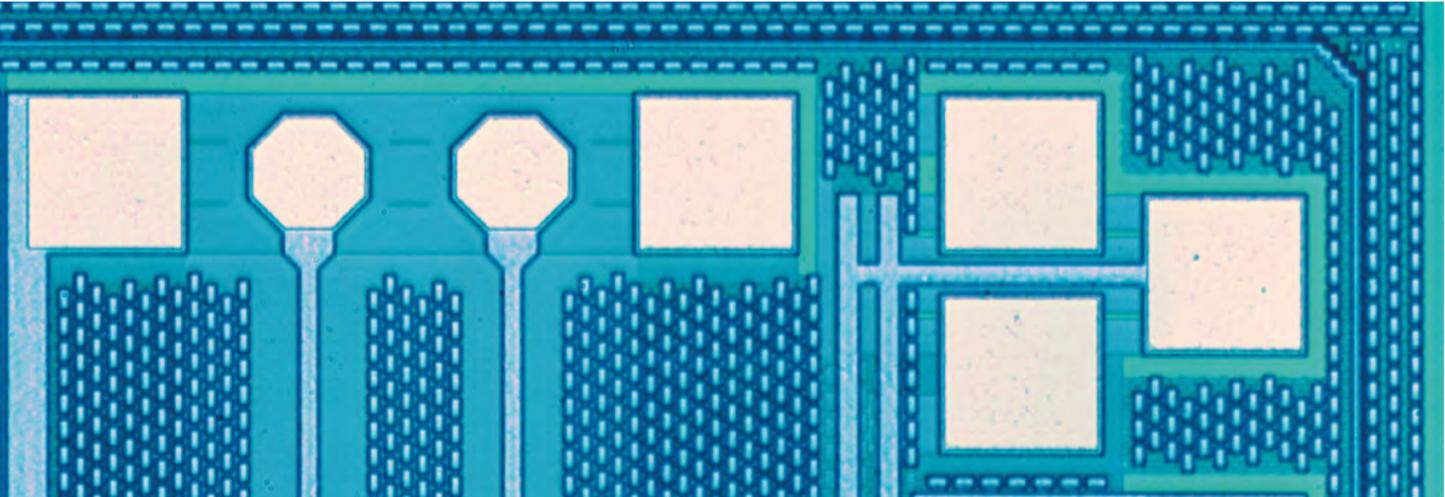
---

---

## DFG priority programme SPP2111

Electronic-photonic signal processing for using nanophotonic/nanoelectronic integrated circuits

---



In the priority programme “Integrated electronic-photonic systems for ultra-wideband signal processing” (SPP2111), 17 research groups from Germany are investigating new electronic-photonic systems based on silicon photonics technology. The priority programme is funded by the DFG and coordinated by Professor Christoph Scheytt.

Silicon-based photonics is a key technology at the beginning of the 21st century. Silicon photonics enables the combination of nanophotonic circuits (optical waveguides, filters, switches, modulators, detectors) with integrated electronic circuits (processors, memories, high-frequency electronics, etc.) The combination of complex electronics and miniaturized photonics on one chip enables completely new systems for signal processing and communication.

In the course of the first two years, three fields of research have proved to be particularly forward-looking. On the one hand, electronic-photonic integrated circuits allow the realisation of novel, extremely fast analogue-digital converters and digital-analogue converters. Another research area concerns signal processing with very high bandwidths of more than 1 THz (1 THz = 1000 GHz). A third research area pertains to frequency generation with extremely low noise, which is made possible by miniaturised mode-locked lasers.



**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.dfg-spp2111.de/en](http://www.dfg-spp2111.de/en)

In addition to the coordination of the priority programme, the “System and Circuit Technology” workgroup of the Heinz Nixdorf Institute is working on two projects on electronic-photonic analogue-to-digital converters and digital-to-analogue converters. The microphotograph shows a first version of a complex silicon photonic chip, which allows to digitise analogue signals with up to 120 GHz bandwidth.

## KI-Marktplatz

Die digitale Plattform für Innovationen von morgen



Seit Anfang 2020 wird im Forschungsprojekt KI-Marktplatz unter Leitung des Heinz Nixdorf Instituts an einem digitalen Marktplatz für Künstliche Intelligenz (KI) in der Produktentstehung gearbeitet. Dabei entsteht ein Innovationsökosystem, das Anwender, Anbieter und Experten für KI zusammenbringt, um die Innovationskraft deutscher Unternehmen nachhaltig zu stärken.

### Die Vision

Als Keimzelle für das wachsende Ökosystem „KI in der Produktentstehung“ unterstützt der KI-Marktplatz über seine digitale Plattform die Entwicklung neuer KI-Lösungen. Dies kann nur dann gelingen, wenn Vertrauen und partnerschaftliches Handeln auch auf die digitale Welt übertragen werden. So kann sichergestellt werden, dass die notwendige Datenbasis für KI-Anwendungen geschaffen wird. Der KI-Marktplatz setzt daher auf zertifizierte Standards, die Datensouveränität gewährleisten und gleichzeitig die Grundlage für eine faire Kooperation bilden. Jede/r Teilnehmer/in soll angemessen am Erfolg des Ökosystems partizipieren. Beim Aufbau der Plattform wird auf eine sukzessive Erweiterung der Funktionalitäten gesetzt – angefangen bei einer intelligenten Partnervermittlung über einen geschützten Datenraum bis hin zum Marktplatz für KI-Anwendungen und KI-Bausteine. Der KI-Marktplatz unterstützt alle Akteure im Ökosystem mit bedarfsgerechten Lösungen und knüpft an die gesamte Forschungs- und Entwicklungs-Wertschöpfungskette an, um Grundlagenforschung in die Anwendung zu überführen.

### Das Konsortium

Der Erfolg wird durch ein Projektkonsortium von 19 Forschungseinrichtungen, Netzwerken und Unternehmen garantiert. Konsortialführer ist das Heinz Nixdorf Institut, das sich mit vier Fachgruppen im Projekt beteiligt: Advanced Systems Engineering, Professor Roman Dumitrescu; Algorithmen und Komplexität, Professor Friedhelm Meyer auf der Heide; Softwaretechnik, Professor Eric Bodden; Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen, Professor Eyke Hüllermeier. Weitere Partner sind das Technologienetzwerk it's OWL sowie die Fraunhofer-Institute IEM, IOSB-INA und IPK, der Exzellenzcluster Cognitive Interaction Technology CITEC der Universität Bielefeld sowie das Institut für industrielle Informationstechnik inIT der TH OWL. Hinzu kommen CONTACT Software, inno-focus, International Data Spaces Association, prostep ivip e. V., die FIWARE Foundation sowie die Unternehmen Claas, Diebold Nixdorf, Düspohl, Hella Aglaia, Hella Gutmann, ubermetrics, UNITY und Westaflex.

### Starkes erstes Projektjahr

Der Projekt-Kick-off fand im Februar 2020 mit über 60 Teilnehmer/inne/n im Heinz Nixdorf Institut statt. Neben den Projektpartnern stellten sich auch die Begleitforschung zum Innovationswettbewerb Künstliche Intelligenz und das Deutsche

---

## AI Marketplace

The digital platform for tomorrow's innovations

---



Since the beginning of 2020, the research project AI Marketplace, headed by the Heinz Nixdorf Institute, has been working on a digital marketplace for artificial intelligence (AI) in product creation. The result is an innovation ecosystem that brings together users, providers and experts of AI to strengthen the innovative power of German companies.

### The vision

As a nucleus for the growing ecosystem "AI in product creation", the AI marketplace supports the development of new AI solutions via its digital platform. This can only be successful if trust and partnership are also transferred to the digital world. This ensures that the necessary database for AI applications is created. The AI marketplace, therefore, relies on certified standards that guarantee data sovereignty and, at the same time, form the basis for fair cooperation. Each participant should participate appropriately in the success of the ecosystem. The platform will be built on a successive expansion of the functionalities - starting with an intelligent matching system, a protected data room as well as a marketplace for AI applications and AI building blocks. The AI marketplace supports all players in the ecosystem with needs-based solutions and links to the entire research and development value chain to transfer basic research into applications.

### The consortium

Success is guaranteed by a project consortium of 19 research institutions, networks and companies. The consortium leader is the Heinz Nixdorf Institute, which is participating in the project with four specialist groups: Advanced Systems

Engineering, Professor Roman Dumitrescu; Algorithms and Complexity, Professor Friedhelm Meyer auf der Heide; Software Engineering, Professor Eric Bodden; Intelligent Systems and Machine Learning, Professor Eyke Hüllermeier. Further partners are the technology network it's OWL as well as the Fraunhofer Institutes IEM, IOSB-INA and IPK, the Cluster of Excellence Cognitive Interaction Technology CITEC of Bielefeld University and the Institute for Industrial Information Technology inIT of TH OWL. In addition, there are CONTACT Software, inno-focus, International Data Spaces Association, prostep ivip e.V., the FIWARE Foundation as well as the companies Claas, Diebold Nixdorf, düspohl, Hella Aglaia, Hella Gutmann, ubermetrics, UNITY and Westaflex.

### Strong first project year

The project kick-off took place in February 2020 with more than 60 participants in the Heinz Nixdorf Institute. In addition to the project partners, the accompanying research for the Artificial Intelligence Innovation Contest and the German Aerospace Center as the project owner were also present. "You have gathered an impressive number of key players," said Andreas Reinholz of the project owner, praising the research institutions and companies. Project manager Professor Roman Dumitrescu

Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Projektträger vor. „Sie haben eine beeindruckende Anzahl von Kompetenzträgern versammelt“, lobte Andreas Reinholz vom DLR die Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Auch Projektleiter Professor Roman Dumitrescu zeigte sich mit der Auftaktveranstaltung sehr zufrieden: „Das Projektkonsortium und unterstützende Partner haben nun den offiziellen Startschuss gesetzt und realisieren in der dreijährigen Projektlaufzeit die vier Ausbaustufen des KI-Marktplatzes.“

Inzwischen kann der KI-Marktplatz auf ein erfolgreiches Jahr 2020 zurückblicken. Der projektbegleitende Lenkungskreis kam erstmalig zusammen und hat die strategische Ausrichtung des Projekts festgelegt und das Grobkonzept der Plattformarchitektur sowie die Funktionen der ersten Ausbaustufe verabschiedet. Zudem hat sich die Anzahl der assoziierten Projektpartner seit Projektstart beinahe verdoppelt. Parallel arbeiten die Industriepartner erfolgreich an ihren Pilotprojekten, was sich beim digitalen Konsortialtreffen im November 2020 zeigte. Alle beteiligten Partner berichteten bei dieser Veranstaltung ausführlich über das bisherige Projektgeschehen. Zudem nutzen die Teilnehmer/innen die Möglichkeit, sich inhaltlich zu den einzelnen Teilprojekten abzustimmen. Auch das neu entwickelte Corporate Design des Projekts wurde präsentiert. Da der KI-Marktplatz zukünftig auch vermehrt auf internationaler Ebene präsent sein wird, steht das Logo inzwischen auch als englische AI Marketplace-Variante zur Verfügung. Das erste Meilensteintreffen des Projekts wird Anfang 2021 stattfinden.

### Angebote und Beteiligungsmöglichkeiten

Der KI-Marktplatz bietet verschiedene Services an, mit denen die Potenziale von KI in der Produktentstehung in Unternehmen aufgezeigt und zugänglich gemacht werden.

**Potenzialanalyse:** Für produzierende Unternehmen bietet insbesondere der Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Produktentstehung vielfältige Chancen und kann beispielweise zu einer Erhöhung von Entwicklungskapazitäten oder zu einer



Anfang 2020 startete das Projekt mit über 60 Teilnehmer/inne/n im Heinz Nixdorf Institut.  
The project started in early 2020 with more than 60 participants at the Heinz Nixdorf Institute.

Verkürzung von Entwicklungszyklen führen. Um diese Möglichkeiten zu erschließen, bietet der KI-Marktplatz die Vor-Ort Potenzialanalyse an, mit der strukturiert Einsatzmöglichkeiten für Künstliche Intelligenz identifiziert und bewertet werden. Als Ergebnis erhalten Unternehmen konkrete KI-Use Cases einschließlich Handlungsempfehlungen für die Umsetzung.

**AI-Readiness-Check:** Die Ansatzpunkte für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz sind von Unternehmen zu Unternehmen individuell. Dennoch gibt es allgemeine Voraussetzungen für den industriellen Einsatz von KI. Mit einer Teilnahme an dem KI-Marktplatz AI-Readiness-Check können Unternehmen herausfinden, ob sie bereit für den Einsatz von KI sind. Neben einer Reifegradbestimmung bekommen Unternehmen hilfreiche Tipps, um sich bestmöglich auf den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Produktentstehung vorzubereiten.

**Daten-Check-up:** Der Strukturwandel durch die Digitalisierung hin zu einer Informationsgesellschaft führt seit Jahren zu einem explosionsartigen Wachstum der firmeninternen IT-Strukturen. Diesen historisch gewachsenen und heterogenen IT-Strukturen fehlt es häufig an Standardisierung, Integrationstiefe und Transparenz. Mit dem Daten-Check-up unterstützt das KI-Marktplatz-Team Unternehmen dabei, Datenstrukturen, Data Governance und Datendurchgängigkeit in Unternehmen zu optimieren.

Mit einer assoziierten Partnerschaft können interessierte Unternehmen Teil des Netzwerks werden und unter anderem direkten Zugang zu den Angeboten und Forschungsergebnissen aus dem Projekt erhalten. Sprechen Sie uns bei Interesse gerne an!



**Leon Özcan, M.Sc.**  
E-Mail: [Leon.Oezcan@hni.upb.de](mailto:Leon.Oezcan@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 65 19



Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
Projektträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)



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



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

was also very satisfied with the kick-off event: “The project consortium and supporting partners have now given the official go-ahead and will implement the four platform stages of the AI marketplace during the three-year project period.”

In the meantime, the AI marketplace can look back on a successful year 2020. The steering committee of the project met for the first time and defined the strategic direction of the project. In addition, the committee approved the concept of the platform architecture and the functions of the first platform stage. Since the project started, the number of associated project partners has almost doubled. At the same time, the industrial partners are successfully working on their pilot projects, which was demonstrated at the digital consortium meeting in November 2020. At this event, all partners involved reported in detail on their project activities. The newly developed corporate design of the project was also presented. Since the AI marketplace will be increasingly present on an international level in the future, the logo is now also available as an English AI Marketplace version. The first milestone meeting of the project will take place in early 2021.

### Offers and participation opportunities

The AI marketplace offers various services that highlight and make accessible the potential of AI in product creation.

**Potential analysis:** For manufacturing companies, the use of Artificial Intelligence in product creation offers a wide range of opportunities and can, for example, lead to an increase in development capacities or a shortening of development cycles. To open these opportunities, the AI marketplace offers the on-site potential analysis, with which we identify and evaluate possible AI applications. As a result, companies receive AI use cases including recommended actions for implementation.



In diversen Workshops erarbeiten die Projektpartner gemeinsam KI-Lösungen für Herausforderungen in der Produktentstehung. In various workshops, the project partners develop solutions for AI challenges in product creation.



Im Projekt arbeiten Forschung und Industrie gemeinsam an einer digitalen Plattform für Künstliche Intelligenz.

In this project, research and industry work together on a digital platform for artificial intelligence.

**AI Readiness Check:** The starting points for Artificial Intelligence applications vary from company to company. Nevertheless, there are general prerequisites for the industrial application of AI. By participating in the AI Readiness Check, companies can find out whether they are ready for the use of AI. In addition to a maturity assessment, companies receive helpful tips on how to prepare for the use of artificial intelligence in product creation.

**Data check-up:** The structural change caused by digitalization towards an information society has been leading to explosive growth in internal company IT structures. These historically grown and heterogeneous IT structures often lack standardisation, depth of integration and transparency. With the data check-up, the AI marketplace team supports companies in optimising data structures, data governance and data consistency in companies.

With an associated partnership, interested companies can become part of the network and, among other things, gain direct access to the offers and research results from the project. Do not hesitate to contact us if you are interested!



Leon Özcan, M.Sc.

E-mail: [Leon.Oezcan@hni.upb.de](mailto:Leon.Oezcan@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 65 19



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

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



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

## Forschungskolleg Nordrhein-Westfalen

Forschung auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen des Landes NRW



Seit Ende 2014 ist das Heinz Nixdorf Institut mit zwei Forschungskollegs in dem aktuellen Förderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen „Forschungskolleg NRW“ vertreten. Das eine Kolleg untersucht die Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt, das zweite erforscht hybride Leichtbautechnologien, die leichte, effiziente und mobile Anwendungen ermöglichen werden.

Besonderes Augenmerk der Forschungskollegs liegt in der Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen und Domänen zur ganzheitlichen Betrachtung und Lösung der soziotechnischen Problemstellungen. Zusätzlich erfolgt eine transdisziplinäre Kooperation mit der Zivilgesellschaft zur Identifikation weiterer Handlungsfelder. Beide Forschungskollegs überzeugten in der Evaluation 2018 und wurden daher um eine weitere Förderperiode bis 2022 verlängert.

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

Das FK GfA forscht zu den Auswirkungen der vierten industriellen Revolution auf die Arbeitswelt von morgen. Durch neue

Informations- und Kommunikationstechnologien ergeben sich ganz neue Möglichkeiten zur flexiblen Rekonfiguration von Wertschöpfungsketten und damit einhergehenden Effizienzsteigerungen. Auch in der Zukunft wird es keine menschenleere Fabrik geben. Daher müssen die Planung und Entwicklung solcher technischen Systeme aus einer menschenzentrierten Perspektive betrachtet werden. Weiterhin muss die Sicherheit der cyber-physischen Systeme gewährleistet sein.

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

Das FK LEM ist durch die Anwendung von hybriden Bauteilen und Verbundwerkstoffen motiviert: Neue Methoden zur Auslegung, Entwicklung und Fertigung ermöglichen die gezielte Absenkung der Massen im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Mit Blick auf eine Verbesserung des Recyclings und eine Erhöhung von Wiederverwendungsanteilen unterstützt das Kolleg Unternehmen durch neue Methoden für die Auswahl und die Einführung ökologisch nachhaltiger Ressourcen. Eine zentrale Rolle nimmt das Vorhaben der Fachgruppe „Produktentstehung“ ein: die Adressierung widersprüchlicher Anforderungen aus wirtschaftlicher Modulbauweise und ressourcensparendem Leichtbau mithilfe eines geeigneten Komplexitätsmanagements.



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



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



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

## Forschungskolleg North Rhine-Westphalia

Research on the major societal challenges of the state of NRW



Since the end of 2014, the Heinz Nixdorf Institute has been represented by two research colleges in the current funding programme of the state of North Rhine-Westphalia “Forschungskolleg NRW”. One of them examines the effects of “Industrie 4.0” on the world of work. The second one researches hybrid lightweight construction technologies that will enable lightweight, efficient and mobile applications.

The research colleges pay special attention to the cooperation of different disciplines and domains for a holistic view and solution finding of socio-technical problems. In addition, a transdisciplinary knowledge transfer with civil society takes place to identify further fields of action. As a consequence of their successful evaluation in 2018, both research colleges were extended for a further funding period until 2022.

### Design of flexible working environments – human-centric use of cyber physical systems in “Industrie 4.0” (FK GfA)

The FK GfA researches the effects of the fourth industrial revolution on tomorrow’s working world. Information and communication technology opens up completely new possibilities

for the flexible reconfiguration of value-added chains and the associated increase in efficiency. In the future, there will not be a deserted factory, so the planning and development of such technical systems must be viewed from a human-centred perspective. Furthermore, the security of such cyber-physical systems must be guaranteed.

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

The FK LEM is motivated by the use of hybrid components and compound materials: New methods of design, development and production enable the targeted reduction of the masses of components in mechanical engineering, plant and automotive engineering. In the context of enhanced recycling and extended reuse potential, the college supports companies by new methods for the selection and introduction of ecologically sustainable resources. The project of the „Product Creation“ workgroup takes over a core role: Requirements from economically driven modularisation of products and resource efficient lightweight design are often contradictory. This contradiction will be addressed by complexity management to find optimal trade-offs between both.



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



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



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

---

## Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)

Erforschung ökonomischer Fragestellungen mittels kontrollierter Laborexperimente

---



Zu vielen ökonomischen Fragestellungen stehen kaum Daten zur Verfügung, was ein großes Problem für die empirische Forschung darstellt. Das wirtschaftswissenschaftliche Experimentallabor der Universität Paderborn BaER-Lab ermöglicht seinen Forscher/innen, die notwendigen Daten durch die Durchführung von kontrollierten Laborexperimenten zu erheben und damit relevante ökonomische Fragestellungen und Theorien empirisch zu untersuchen.

Die Probleme in der empirischen Forschung liegen darin begründet, dass zu vielen ökonomischen Fragestellungen kaum Datenmaterial zur Verfügung steht oder Datenerhebungen bspw. bei real existierenden Unternehmen nur mit großem Aufwand oder manchmal gar nicht realisiert werden können. Die experimentelle Wirtschaftsforschung stellt daher eine wertvolle Forschungsmethode dar, diese Daten über kontrollierte Laborexperimente zu gewinnen. Ein solches Laborexperiment ist dabei eine ein- bis zweistündige Veranstaltung, in der die Teilnehmer/innen im Rahmen einer spezifischen ökonomischen Situation Entscheidungen am Computer treffen. Die Teilnehmer/innen werden abhängig von ihren eigenen und den Entscheidungen der weiteren Teilnehmer/innen am Ende der Veranstaltung monetär vergütet. Ähnlich zu einer klinischen Studie wird in einem ökonomischen Experiment nur eine einzige Variable zwischen zwei Gruppen von Probanden verändert, sodass Unterschiede im beobachteten Verhalten auf genau diese eine Änderung zurückgeführt werden können. Im Gegensatz zu psychologischen Experimenten darf keine Täuschung der Teilnehmer/innen stattfinden.

Das Labor der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät BaER-Lab (Business and Economic Research Laboratory) ermöglicht es seinen Forscher/innen, die Experimente mit studentischen

Probanden an der Universität Paderborn durchzuführen. Das BaER-Lab wurde im April 2009 eröffnet und stellt mit seinen 35 vernetzten Computerarbeitsplätzen eines der größten wirtschaftswissenschaftlichen Experimentallabore Deutschlands dar. Aktuell befinden sich knapp 2500 Studierende verschiedener Studiengänge in der webbasierten Onlinedatenbank, aus der die Teilnehmer/innen für ein Experiment rekrutiert werden. Die Leitung des BaER-Labs ist der Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ von Professor René Fahr zugeordnet und steht jedem wirtschaftswissenschaftlichen Lehrstuhl der Universität Paderborn zur Verfügung, womit eine umfangreiche Forschungsbreite gewährleistet ist. Aktuelle experimentelle Projekte beschäftigen sich unter anderem mit der Entwicklung von Anreizsystemen in Unternehmen und Organisationen, Whistleblowing, Reputationssystemen auf Onlinemärkten, der Rolle von ethischen Grundprinzipien im Wirtschaftskontext und dem Verhalten bei Entscheidungen unter Unsicherheit und Risiko.



Prof. Dr. René Fahr  
E-Mail: [Rene.Fahr@hni.upb.de](mailto:Rene.Fahr@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 20 90

---

---

## Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)

Examining research questions in economics with controlled laboratory experiments

---



Empirical research in Economics is confronted with the problem, that for many research questions, hardly any data is available. The economic research laboratory of Paderborn University BaER-Lab allows its researchers to gather these data by designing and running controlled laboratory experiments. Using this method, the relevant economic research questions, theories and models can be empirically examined.

Empirical research in economics has the problem that, for many research questions within the scope of economics, hardly any data exists. Furthermore collecting large data sets in the field, for example by surveying workers in businesses, is associated with tremendous efforts and it is often infeasible. The method of experimental economics is, therefore, regarded as a valuable way of gathering these data with the use of controlled laboratory experiments. An economic experiment can be thought of as a one or two hour session where participants sit in front of the computer and make decisions within an economic setting whose rules and context are explained to them beforehand. Participants are paid for each of their decisions. The overall payment the participants receive at the end of an experimental session depends on what they and others have decided. Similar to clinical studies, only one variable is changed between the two groups of study participants, so that differences in behaviour can be assigned to that variation. In contrast to psychological experiments, the deception of participants is strictly forbidden.

The Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab) which is the experimental laboratory of the Business and Economics Faculty of Paderborn University allows its researchers

to run these laboratory experiments with students from the university. The laboratory was inaugurated in April 2009 and is equipped with 35 computer cubicles. This makes it one of the largest experimental laboratories for economic research in Germany. At the moment, roughly 2,500 students are enrolled for participating in economic experiments and are recruited through an online database system. The BaER-Lab is managed and directed by the "Behavioral Economic Engineering and Management Responsible" workgroup around Professor René Fahr and is open for research to the complete Business and Economics Faculty. This assures that experimental research addresses a broad range of economic topics. The current experimental projects include the design of incentive systems in businesses and organisations, whistle-blowing, reputation systems in online markets, the role of business ethics and behavior in decision-making situations under risk and uncertainty.



Prof. Dr. René Fahr  
E-mail: [Rene.Fahr@hni.upb.de](mailto:Rene.Fahr@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 20 90

---

## HD-Visualisierungscenter

### Simulation von Mobilitätskonzeptionen



Seit über 10 Jahren bietet das HD-Visualisierungscenter am Heinz Nixdorf Institut Raum für die virtuelle Demonstration von Prototyping-Anwendungen in der Fahrzeugentwicklung. Das 3D-Projektionssystem kann für die 3D-Visualisierung z. B. von Fertigungsanlagen oder das virtuelle Prototyping von Scheinwerfersystemen eingesetzt werden.

Durch die hochauflösende Großprojektion mit insgesamt vier – teils schwenkbaren – Projektionsflächen und einer Gesamtbreite von über 9 Metern bietet das HD-Visualisierungscenter einzigartige Möglichkeiten für das Virtual Prototyping und die Simulation. Mithilfe eines optischen Trackingsystemes kann die Bewegung des Nutzers von dem Projektionssystem erfasst werden. Somit ist eine einfache und intuitive Steuerung der Anwendungen möglich. Über eine zentrale Mediensteuerung werden fünf leistungsstarke PCs und 14 Hochleistungsprojektoren angesteuert, welche stereoskopische Bilder mit einer Gesamtauflösung von über 2x20 Mio. Bildpunkten projizieren. Das entspricht der 10-fachen Auflösung des HDTV-Standards. Die hohe Auflösung ermöglicht daher die Darstellung feinsten Details.

#### Best Practices

Gemeinsam mit der Volkswagen AG hat das HD-Visualisierungscenter bereits eine Versuchsplattform für den Fahrzeuginnenraum entwickelt. Auf Basis der Technologie Augmented

Reality (AR) können Design-Varianten verschiedener Innenraumkonzepte virtuell dargestellt, evaluiert und im realen Versuchsfahrzeug erlebbar gemacht werden. Aufwendige reale Modelle können damit weitgehend eingespart werden. Auch am Beispiel des Paderborner RailCab, einem innovativen schienegebundenen Verkehrssystem, das auf bedarfsgesteuerten, autonom fahrenden Fahrzeugen basiert, wurden bereits anhand von VR- und AR-basierten Demonstratoren die Vorteile innovativer Mobilitätskonzeptionen erlebbar gemacht.

#### HD-Visualisierungscenter für Unternehmen

Innerhalb des HD-Visualisierungscenters können leistungsfähige Konzepte und Demonstratoren für Virtual Prototyping-Anwendungen in der Fahrzeugentwicklung erstellt werden. Für die Erschließung moderner Visualisierungs- und Simulationstechnologien wird die entsprechende Infrastruktur bereitgestellt. Außerdem können Unternehmen nach wie vor bei der Simulation und Evaluation von Fahrerassistenzsystemen und deren Komponenten unterstützt werden. Von dem Hochleistungssystem profitieren die Unternehmen der Region somit weiterhin.



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

---

## HD Visualisation Centre

Simulation of mobility concepts

---



For more than 10 years, the HD Visualisation Centre at the Heinz Nixdorf Institute has provided space for the virtual demonstration of prototyping applications in vehicle development. The 3D-projection-system can be used for 3D visualisation of manufacturing plants or virtual prototyping of headlamp systems, for example.

Due to the high-resolution and the large-scale projection with a total of four – partly swivelable – projection surfaces and a total width of over 9 m, the centre offers unique opportunities for virtual prototyping and simulation. An optical tracking system can be used to record the user's movements in front of the projection system. This allows easy and intuitive control of the applications. Five high-performance PCs and 14 high-performance projectors are controlled by a central media controller, providing stereoscopic images with a total resolution of over 2x20 million. Project image points. This corresponds to the tenfold resolution of the HDTV standard. The high resolution, therefore, makes it possible to display the finest details.

### Best practices

Together with Volkswagen AG, the HD Visualization Center has already developed a testing platform for the interior of the vehicle. Based on the Augmented Reality (AR) technology, design variants of different interior concepts can be virtually displayed, evaluated and made tangible in a real test vehicle. Expensive real models can thus be largely saved. The Paderborner RailCab, an innovative rail-based transport system based on demand-driven autonomous vehicles, has also



**Jannik Reinhold, M.Sc.**  
E-mail: [Jannik.Reinhold@hni.upb.de](mailto:Jannik.Reinhold@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 33

been used to demonstrate the benefits of innovative mobility concepts by means of VR and AR-based demonstrators.

### HD Visualisation Center for companies

Powerful concepts and demonstrators for virtual prototyping applications in vehicle development can be created within the HD Visualization Center. The corresponding infrastructure is provided for the development of modern visualisation and simulation technologies. In addition, companies can still be supported in the simulation and evaluation of driver assistance systems and their components. The companies in the region thus continue to benefit from the high-performance system.

## Fahrzeugachsprüfstand mit hochdynamischem Hexapod

Effiziente Entwicklungs- und Prüfumgebung für mechatronische Fahrzeugachsen



Die zunehmende Integration von Fahrwerkregelsystemen soll den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit moderner Fahrzeuge verbessern. Die Entwicklung der darin enthaltenen elektronischen Komponenten bei der mittlerweile hohen Anzahl von Fahrzeugderivaten erfordert den Einsatz effizienter, modellgestützter Prüfverfahren. Diesem Bedarf begegnen wir mit der Entwicklung einer universellen Prüfumgebung für mechatronische Fahrzeugachsen.

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

Mithilfe des Achsprüfstands wird eine Methode zur Durchführung mechatronischer Hardware-in-the-Loop (HiL)-Simulationen entwickelt. Dazu wird nur der Prüfling, eine mechatronische Fahrzeugachse, real im Prüfstand aufgebaut. Das sogenannte „Restfahrzeugmodell“, welches die restlichen Fahrzeugteile abbildet, wird auf einem Echtzeitrechner simuliert. Die Kopplung der realen und virtuellen Teilsysteme wird durch die Prüfstandsaktorik (u. a. Hexapod) und -sensorik (u. a. Kraftsensoren) ermöglicht.

Da somit alle komfort-, sicherheits- und dynamikrelevanten Komponenten eines Fahrzeugs im Labor entweder real oder virtuell vorhanden sind, können Fahrversuche unter reproduzier-

baren Bedingungen durchgeführt werden. Aktive Fahrwerkskomponenten, wie z. B. Wankstabilisatoren, können in diesem Rahmen abgestimmt und funktional abgesichert werden. Das Ziel ist es, die Anzahl aufwendiger Fahrversuche zu minimieren und diese durch schnell durchzuführende und reproduzierbare Tests ins Labor zu verlagern.

### Iterationsfreie Betriebsfestigkeitsprüfung

In einem weiteren Forschungszweig wird unser Achsprüfstand weiterentwickelt, um für Betriebsfestigkeitsuntersuchung (BFU) gewinnbringend eingesetzt werden zu können. Die Regelbandbreite konventioneller Achsprüfstände reicht nicht aus, um die bei BFU geforderte Genauigkeit bei der Nachbildung vordefinierter Beanspruchungsspektren (Target-Signale) auf direktem Wege zu erreichen. Stattdessen müssen die Stellensignale der einzelnen Aktoren iterativ eingelernt werden. Hierbei können Vorschädigungen am Prüfling auftreten und das Prüfergebnis verfälschen. Die Kombination neuartiger Regelungsverfahren mit der dynamisch optimal abgestimmten Prüfstandshardware ermöglicht es, die Regelbandbreite derartig zu erhöhen, dass die Target-Signale direkt eingeregelt werden können und keine weitere Iteration der Drive-Signale notwendig ist.



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 a highly dynamic hexapod

Efficient development and test environment for mechatronic vehicle axles

---



The increasing integration of chassis control systems is intended to improve the driving comfort and safety of modern vehicles. The development of included electronic components considering the nowadays high number of vehicle derivatives requires the use of efficient, model-based test procedures. We are meeting this need by developing a universal test environment for mechatronic vehicle axles.

### Hardware-in-the-loop simulation

The axle test rig is used to develop a method for performing mechatronic Hardware-in-the-Loop (HiL) simulations. For this purpose, only the device under test, a mechatronic vehicle axle, is actually built in the test rig. The remainder of the vehicle is simulated on a real-time computer. The coupling of the real and virtual subsystems is realised by the test rig actuators (e.g. hexapod) and sensors (e.g. force sensors).

Since all comfort, safety and dynamics relevant vehicle components are, therefore, present in the laboratory, either real or virtual, driving tests can be performed under reproducible conditions. Active chassis components, such as roll stabilisers, can be tuned and functionally validated within this framework. The aim is to minimise the number of time and effort consuming test drives, which can instead be conducted in the laboratory by means of easily performed and reproducible tests.

### Iteration-free durability testing

In a different research field, our axle test rig is being further developed to be able to efficiently perform durability tests. The feedback control bandwidth of conventional axle test rigs



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)

---

is not sufficient to achieve the accuracy required by durability tests to directly replicate predefined stress spectra (target signals). Instead, in state-of-the-art test rigs, the drive signals of the individual actuators are adjusted iteratively, whereby the test result is falsified by pre-damaging the device under test. The combination of novel feedback and feedforward control methods with our dynamically optimised test rig hardware increases its feedback control bandwidth to be able to replicate the target signals directly without the need for further iteration of the drive signals.

---

## Interaktiver Fahrsimulator am Heinz Nixdorf Institut

Entwicklungsplattform zum Virtual Prototyping fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme

---



Energieeffizienz, Sicherheit und Komfort von Kraftfahrzeugen werden zunehmend von fortgeschrittenen Fahrerassistenzsystemen geprägt. Gleichzeitig steigt aber auch die Komplexität dieser Systeme, was sich auf den begleitenden Entwicklungsprozess auswirkt. Interaktive Fahrsimulatoren bilden hier eine Schlüsseltechnologie zur Untersuchung des Zusammenspiels von Fahrer und Assistenzsystem unter reproduzierbaren und sicheren Testbedingungen.

Themenfelder wie E-Mobilität und automatisiertes Fahren bewirken eine stetige Steigerung der Interkonnektivität und Multifunktionalität moderner Fahrerassistenzsysteme, deren Entwicklung Automobilhersteller und Zulieferer vor neue technologische Herausforderungen stellt. Der Einsatz interaktiver Fahrsimulatoren bildet in diesem Kontext ein unverzichtbares Werkzeug, um den konventionellen Entwicklungsprozess durch modellbasierte Methoden zu ergänzen. Simulative Ansätze bieten dabei den Vorteil, relevante Systemfunktionen bereits in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung und ohne den kostenintensiven Aufbau von physischen Prototypen analysieren und optimieren zu können. Zugleich ermöglichen Fahrsimulatoren den Zugang zu verschiedensten Untersuchungen unter physiologischen und psychologischen Gesichtspunkten, wie etwa der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, der Überprüfung von Sicherheitskonzepten oder dem Zusammenspiel zwischen Fahrer und Assistenzsystemen. Hierdurch lassen sich ressourceneffiziente und deutlich verkürzte Entwicklungszyklen realisieren.

Nach diesem Leitmotiv wird die bestehende Forschungsinfrastruktur am Heinz Nixdorf Institut durch einen komplexen Fahrsimulator erweitert. Dieser verfügt über ein einzigartiges Bewegungssystem, mit welchem die virtuellen Fahrzeugbewegungen durch innovative Regelalgorithmen für die Insassen im Simulator erlebbar gemacht werden. Für die Visualisierung der simulierten Umgebung dient ein Rechencluster, der eine Rundprojektion mit acht Projektoren um das Fahrzeug sowie die entsprechenden Bilder in den Außen- und Rückspiegeln erzeugt. Auch ein Austausch der verbauten Fahrzeugkabinen (Kleinwagen, LKW) ist aufgrund der modularen Bauweise des Gesamtsystems leicht möglich. So entsteht durch das Zusammenspiel verschiedener Sinneswahrnehmungen bei den virtuellen Testfahrten im Simulator ein realitätsnaher Fahreindruck.

Neben der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Fahrsimulators sind die Optimierung hochauflösender Scheinwerfersysteme mit dynamischen Lichtfunktionen sowie die Erprobung neuartiger Sensortechnologien für das hochautomatisierte Fahren zentrale Forschungsschwerpunkte am Heinz Nixdorf Institut.



**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

---

---

## Interactive driving simulator at the Heinz Nixdorf Institute

Development framework for virtual prototyping of advanced driver assistance systems

---



Energy efficiency, safety and comfort of future vehicles are increasingly influenced by advanced driver assistance systems. However, at the same time, the complexity of these systems increases, which has a significant impact on the associated development process. In this context, interactive driving simulators are a key technology for investigating the interaction of driver and assistance system under reproducible and safe test conditions.

Topics such as e-mobility and automated driving are constantly increasing the interconnectivity and multi-functionality of modern driver assistance systems, which are facing automotive manufacturers and suppliers with new technological challenges. For this reason, the use of interactive driving simulators is an indispensable tool to enhance the conventional development process with model-based methods. Simulative approaches offer the advantage of analysing and optimising relevant system functions already in a very early stage of development and without the cost-intensive construction of physical prototypes. Furthermore, driving simulators provide access to a wide variety of studies from physiological and psychological aspects, such as the design of human-machine interfaces, the verification of safety concepts or the interaction between driver and assistance systems. This enables resource efficient and significantly shortened development cycles.

Following this guiding principle, the existing research infrastructure at the Heinz Nixdorf Institute is extended by a complex driving simulator. It is equipped with a unique motion system, with which the virtual vehicle movements can be experienced by the passengers in the simulator using innovative control algorithms. For the visualisation of the simulated



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

---

environment, a computer cluster is applied, which generates a circular projection with eight projectors around the vehicle as well as the corresponding images in exterior and rear mirrors. Due to the modular design of the entire system, the installed vehicle cabins (small cars, trucks) can easily be replaced. Thus, the interaction of different sensory stimuli during the virtual test drives in the simulator creates a realistic driving impression.

In addition to the continuous improvement of the driving simulator, the optimisation of high resolution headlamp systems with dynamic light functions as well as the testing of novel sensor technologies for highly automated driving are central research topics at the Heinz Nixdorf Institute.

## Labore für die Datenübertragungs- und Sensorsysteme der Zukunft

Hochpräzise Untersuchung modernster elektronischer und optoelektronischer Systeme



In der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ werden integrierte Schaltungen und Systeme von morgen entwickelt und anschließend unter Laborbedingungen getestet. Die Untersuchung und Charakterisierung von ultra-low-power, Hochfrequenz- und elektrooptischen Chips erfordern komplexe Messmethoden und High-end-Equipment.

### Charakterisierung modernster elektronischer Systeme

Im Radio Frequency Lab (RF Lab) der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ können kleine Strukturen im Mikrometerbereich auf Mikrochips und Hochfrequenzboards mittels eines Wire-Bonders kontaktiert und die Gesamtsysteme anschließend auf einem Wafer-Prober untersucht werden. Vector Network Analyzer, Hochfrequenz-Oszilloskope und diverse andere Logikanalysatoren und Hochfrequenz-Signalgeneratoren sowie weitere Hochfrequenz-Messtechnik stehen bereit, um Hochfrequenz-Module und -Chips bei Frequenzen und Datenraten von bis zu 125 GHz bzw. 128 Gb/s zu untersuchen. Somit können modernste Radarsysteme, Empfänger- und Transmitterschaltungen für drahtlose und drahtgebundene Kommunikationssysteme, Frequenzsynthesizer und vieles Weitere hinsichtlich ihrer Performance und Funktionalität experimentell untersucht werden.

### Hochpräzise Untersuchung optoelektronischer Systeme im Photonic Lab

Zusätzlich steht ein angrenzendes Photonic Lab zur Verfügung, welches einen Optischen Tisch für komplexe, optische Aufbauten und eine große Auswahl optischer Komponenten, wie beispielsweise Glasfasern, 1550nm Laserquellen, optische Koppler, Fiber Arrays, Powerdetektoren, HF-Photodioden, kohärente Emp-

fänger, programmierbare optische Filter, optische Modulatoren, Spektralanalysatoren und vieles Weitere, enthält. Zudem enthält das Laserlabor einen Mode-lock-Laser, einen optischen Verstärker und die zugehörigen Schutzvorrichtungen und Schutzausrüstungen. Innerhalb des Laserlabors werden neuste monolithisch-integrierte siliziumphotonische Systeme, d.h. Siliziumchips die sowohl elektronische als auch optische Komponenten enthalten, vermessen und analysiert. Die folgende Liste enthält eine Auswahl des Laborequipments:

- Wire Bonder (Hesse Mechatronics Bonjet BJ653)
- Waferprober (Signatone mm-Wave Probe Station)
- Vector Network Analyzer (Anritsu VectorStar MS4647B)
- Realtime Oszilloskop (Keysight UXR0702A)
- Arbitrary Waveform Generator (Keysight M8194A)
- HF-Photodioden (Finisar XPDV3120, BPDV3120R)
- Waveshaper (II-VI 4000A)
- Spektralanalysator (Yokogawa AQ6370D)
- Mode-lock-Laser (Menhir Photonics M1550)



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

---

## Labs for future data transmission and sensor systems

High-precision experiments with state-of-the-art electronic and optoelectronic systems

---



In the “System and Circuit Technology” workgroup, novel integrated circuits and systems are developed and then tested under laboratory conditions. The investigation and characterisation of ultra-low-power, high-frequency and electro-optical chips requires complex measurement methods and high-end equipment.

### Characterisation of state-of-the-art electronic communication systems in the RF Lab

In the Radio Frequency Lab (RF Lab) of the “System and Circuit Technology” workgroup, structures in the micrometer range on microchips and high frequency boards can be connected by means of a wire bonder and the complete systems can then be examined on a wafer-prober prober. Vector network analysers, high-frequency oscilloscopes and various other logic analysers and high-frequency signal generators as well as other high-frequency measurement equipment are available to examine high-frequency F modules and integrated circuit chips at frequencies and data rates of up to 125 GHz and 256 Gb/s, respectively. Thus, state-of-the-art radar systems, receiver and transmitter circuits for wireless and wireline communication systems, frequency synthesisers and many other circuits can be experimentally tested with respect to their performance and functionality.

### High-precision measurement of optoelectronic systems in the Photonic Lab

In addition, a Photonic Lab is available, which contains an optical bench for complex optical setups and a wide range of optical components, such as glass fibres, 1,550 nm laser sources, optical couplers, fibre arrays, power detectors, high-frequency



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

photodiodes, coherent receivers, programmable optical filters, optical modulators, spectrum analysers and many more. In addition, the laser laboratory contains mode-lock laser, an optical amplifier, and related protective devices and equipment. Within the laser laboratory, the most advanced monolithic integrated silicon photonic systems, i.e. silicon chips containing both electronic and optical components, are measured and analysed. Selected equipment of the RF Lab and Photonics Lab:

- Wire Bonder (Hesse Mechatronics Bonjet BJ653)
- Waferprober (Signatone mm-Wave Probe Station)
- Vector Network Analyser (Anritsu VectorStar MS4647B)
- Realtime Oscilloscope (Keysight UXR0702A)
- Arbitrary Waveform Generator (Keysight M8194A)
- High-frequency photodiodes (Finisar XPDV3120, BPDV3120R)
- Waveshaper (II-VI 4000A)
- Optical spectrum analyser (Yokogawa AQ6370D)
- Mode-lock-Laser (Menhir Photonics M1550)

## Smart Automation Laboratory

Praxisnahe Forschung und Entwicklung in der Fabrik der Zukunft



Die Informations- und Kommunikationstechnologie ermöglicht neue Innovationen für die Produkt- und Produktionssystementwicklung. Fokus aktueller Forschungsprojekte im Smart Automation Laboratory der Fachgruppe „Produktentstehung“ ist die Analyse der Beziehungen zwischen Mensch, Technik und Organisation in intelligenten Produktionssystemen. Die Auswirkungen von dezentraler Produktionssteuerung werden praxisnah erforscht.

„Cyber-Physische Produktionssysteme“ (CPPS) stellen hochflexible, adaptive und über Internettechnologien vernetzte Systeme dar. Diese ermöglichen durch eine Dezentralisierung und Autonomie ein ganz neues Niveau: Durch die internetbasierte Kommunikation von Maschinen, Werkstücken, Betriebsmitteln sowie Lager- und Transportsystemen erfolgt eine flexible Koordination. Innerhalb dieser neuen Form der Steuerung muss zudem die Einbindung der Shopfloor-Mitarbeiter überdacht werden. Das kann beispielsweise über Assistenzsysteme geschehen, die sich adaptiv an den Produktionsprozess und den Mitarbeiter anpassen. Das Smart Automation Laboratory dient der Veranschaulichung und der Erforschung derartiger Fragestellungen in den Themengebieten Industrie 4.0 und Arbeit 4.0.

Im Labor sind zwei Fertigungszellen (eine Drehmaschine und eine Fräsmaschine), zwei 3D-Drucker sowie eine Montagestation mit einem Materialflusssystem verbunden. Zudem besitzt das Labor drei unterschiedliche Typen an Robotern (Portalroboter, Industrieroboter, Kollaborativer Roboter), die zur Bestückung und Entnahme an den Maschinen genutzt werden. Wenn ein neuer Auftrag in das System eingeht, wird dieser einem Shuttle auf dem Materialflusssystem zugeordnet. Anschließend erfolgt das Scheduling durch eine dezentrale Produktions-

steuerung. Hierzu ist jede Einheit mit einem lokalen Rechner ausgestattet, welches die Überwachung und Steuerung übernimmt und eine Kommunikationsschnittstelle bereitstellt. Dadurch können sich die Systemelemente der Produktion selbstständig vernetzen und konfigurieren (Plug & Produce).

Ein Forschungsschwerpunkt innerhalb der Laborumgebung liegt in der Einbindung des Shopfloor-Mitarbeiters in die Produktionsplanung und -steuerung. Auf Basis von individuellen Fähigkeiten sowie deren Entwicklung aufgrund des Lernens und Vergessens passt sich die Steuerung an. Diese Adaption erlaubt die Anpassung von Prozesszeiten sowie eine individuelle Gestaltung des Assistenzsystems. Es eröffnet die Möglichkeit der individuellen Lernunterstützung des Mitarbeiters am Arbeitsplatz. Das Labor bietet eine einmalige Möglichkeit, die Auswirkungen neuer intelligenter Systeme auf die Mitarbeiter zu untersuchen und diese Erkenntnisse in der Entwicklung zu berücksichtigen.



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

---

## Smart Automation Laboratory

Practical research and development in the factory of the future

---



Information and communication technology enables new innovation for product and production system development. The focus of current research projects in the Smart Automation Laboratory of the „Product Creation“ workgroup is the analysis of the relationships between people, technology and organisation in intelligent production systems. The effects of decentralised production control are being researched in a practical way.

“Cyber-Physical Production Systems” (CPPS) are highly flexible, adaptive systems networked via internet technologies. They enable a completely new level of decentralisation and autonomy: Internet-based communication of machines, workpieces, operating resources as well as storage and transport systems enables flexible coordination. Within this new form of control, the integration of store floor employees must also be reconsidered. This can be done, for example, via assistance systems that adapt to the production process and the employee. The Smart Automation Laboratory serves to illustrate and research such questions in the subject areas “Industrie 4.0” and Work 4.0.

In the laboratory, two manufacturing cells (a lathe and a milling machine), two 3D printers and an assembly station are connected to a material flow system. In addition, the laboratory has three different types of robots (portal robot, industrial robot, collaborative robot) which are used for loading and unloading at the machines. When a new order enters the system, it is assigned to a shuttle on the material flow system. Subsequently, the scheduling is done by a decentralised production control system. For this purpose, each unit is equipped with a local computer system which takes over the monitoring and

control and provides a communication interface. This allows the system elements of the production to network and configure themselves independently (Plug & Produce).

A research focus within the laboratory environment is the integration of the shopfloor employee into production planning and control. Based on individual skills and their development due to learning and forgetting, the control system adapts itself. This adaptation allows the adjustment of process times as well as an individual design of the assistance system. It opens up the possibility of individual learning support of the employee at the workplace. The laboratory offers a unique opportunity to investigate the effects of new intelligent systems on employees and to consider these findings in integrated product and process development.



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

---

## Innovationslabor der Fachgruppe „Produktentstehung“

Neue Forschungsmöglichkeiten durch Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft



Die Fachgruppe „Produktentstehung“ hat ein innovatives Forschungslabor in Betrieb genommen. Das neue Labor ermöglicht die Forschung in den Bereichen „Strategische Produktplanung“, „Innovationsmanagement“, „Entwicklungsmanagement“ sowie „Digitale und Virtuelle Produktentstehung“. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) förderte die Einrichtung des Labors.

Durch die Inbetriebnahme des neuen Innovationslabors entsteht in der Fachgruppe „Produktentstehung“ von Professorin Iris Gräßler eine einzigartige Forschungsinfrastruktur. Trotz der Einschränkungen im Jahr 2020 wurden die letzten Elemente des Innovations-Forschungsgrößgeräts in Betrieb genommen. Hierdurch können speziell wissensintensive Prozesse in den frühen Phasen der Produktentstehung untersucht werden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass der Erfolg ganz wesentlich von der Kollaboration von Experten mit ihrer Kreativität abhängt, gleichzeitig aber auch digitale Technologien zur Visualisierung und Analyse enormes Potenzial versprechen. Die große Herausforderung für die Forschung ist, dass Kollaboration, Visualisierung und Analyse einander bedingen. Das Zusammenspiel ist in bisherigen Laboren nicht beobachtbar.

Die einzelnen Bereiche sind höchst innovativ aufgebaut. Die Kollaboration umfasst das Arbeiten an Kollaborations- und Prototyping-Arbeitsplätzen. Dies ermöglicht die gemeinsame

Arbeit eines Entwicklungsteams an beispielsweise neuen Prototypen für den Fahrzeugbau. Weiter wird dies unterstützt durch große Multitouch-Tische und -Displays, an denen Systemmodelle aufgebaut werden. Der Forschungsschwerpunkt Visualisierung befasst sich mit Visualisierungsformen wie Virtual und Augmented Reality. Durch Head-Mounted Displays und VR-Treadmills entsteht ein einzigartiges Erlebnis der Immersion, was für neuartige Untersuchungen mit virtuellen Prototypen genutzt wird.

Ein Schwerpunkt ist die Frage, wie die Digitalisierung die Produktentwicklung zukünftig verändern wird. Daher ist eine zentrale Funktion des Forschungsgrößgeräts die Integration von Forschungsdaten: Eine Videoaufzeichnung mit Datensynchronisation und -integration von smarten Devices ermöglicht die Erforschung der Mensch-Technik-Interaktion. Die Wissenschaftler/innen können die Forschungsdaten in Echtzeit oder im Anschluss analysieren und mithilfe unterstützender Software auswerten. Durch die flexible und modulare Struktur des neuen Labors können Prüfstände situations- und themenabhängig konfiguriert werden. In Kombination mit dem bereits etablierten, räumlich angrenzenden „Smart Automation Laboratory“ ist es nun möglich, den gesamten Produktentstehungsprozess für experimentelle Untersuchungen abzubilden.



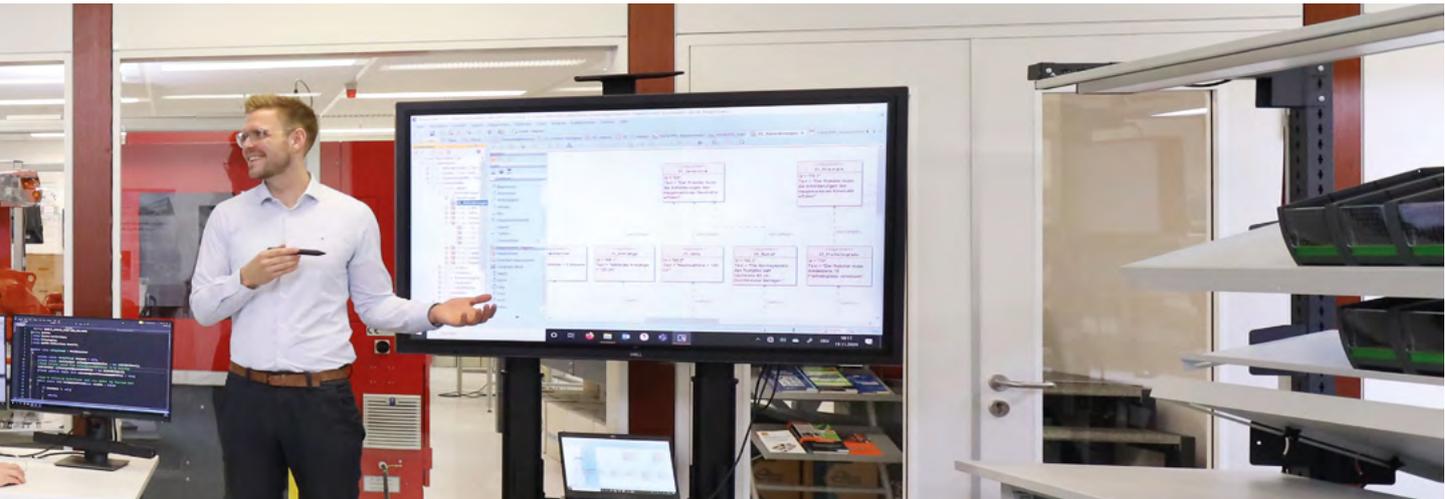
**Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler**  
E-Mail: Iris.Graessler@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 75

---

## Innovation laboratory of the “Product Creation” workgroup

New research opportunities due to funding by the German Research Foundation

---



The “Product Creation” workgroup has put an innovative research laboratory into operation. The new laboratory enables research in the fields of “Strategic Product Planning”, “Innovation Management”, “Development Management” as well as “Digital and Virtual Product Creation”. The German Research Foundation (DFG) supported the equipment of the laboratory.

The commissioning of the new innovation laboratory will create a unique research infrastructure for scientists in the “Product Creation” workgroup of Professor Iris Gräßler. In spite of the restrictions in year 2020, the last components of the innovation lab were being put into operation. This allows the investigation of especially knowledge-intensive processes in the early phases of product creation. They are characterised by the fact that successful execution demands the collaboration of creative experts and, at the same time, utilisation of the enormous potentials of digital technologies for visualisation and analysis. The great challenge of current research is the interdependency of collaboration, visualisation and analysis. The interplay of these fields is not observable in current research laboratories.

All of these fields as such are represented by innovative technologies. Collaboration includes working at collaboration and prototyping workstations. This enables a development team to work together on new prototypes for vehicle construction, for

example. Furthermore, this is supported by large multi-touch tables and displays where extensive system models are built. The research focus visualisation deals with forms of visualisation, such as virtual and augmented reality. Head-mounted displays and VR-Treadmills create a unique experience of immersion which is used for new investigations with virtual prototypes.

One focus is the question of how digitalisation will change product development in the future. For this purpose, the core functionality of the laboratory is the integrated acquisition of research data: videorecording with data synchronisation and integration of smart devices will enable research to be conducted on human-technology interaction. Scientists can analyse the research data and evaluate them with the help of supporting software both in real-time and after research sessions. Due to the flexible and modular structure of the innovation laboratory, test benches can be configured according to the situation and topic. In addition, the laboratory’s versatile equipment allows a wide range of topics to be researched. In combination with the already established, spatially adjacent “Smart Automation Laboratory”, it is now possible to map the entire product development process for experimental investigations.



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



Wie sieht das Engineering der Zukunft aus? Zu dieser Frage entwickelt das Fraunhofer IEM überzeugende Lösungen. Im Fokus stehen intelligente Produkte, Produktionssysteme, Dienstleistungen und Softwareanwendungen. Wir arbeiten interdisziplinär an neuen Methoden, Werkzeugen sowie Prozessen und setzen innovative Technologien ein, um die Wettbewerbsfähigkeit unserer Kunden und Partner langfristig zu sichern.

In Kooperation mit dem Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn gestaltet das Fraunhofer IEM seit 2011 den Forschungsstandort Paderborn mit und ist im Technologie-Netzwerk it's OWL langjähriger Partner der Industrie in Ostwestfalen-Lippe. Das Fraunhofer IEM mit seinen rund 200 Mitarbeiter/innen wird von einem dreiköpfigen Direktorium geführt: Professor Ansgar Trächtler (Institutsleiter), Professor Eric Bodden und Professor Roman Dumitrescu. Das Forschungsvolumen umfasste in 2019 rund 13 Millionen Euro.

### Der Ausbau der umsetzungsorientierten Forschungsinfrastruktur

Auch in 2020 ist viel passiert. Der Bau der Zukunftsmeile 2, in dem unser neues Forschungs- und Innovationszentrum beheimatet ist, wurde abgeschlossen. Planmäßig stehen die rund 20 Büroarbeitsplätze Ende 2020 zur Verfügung. Besonderes Highlight ist das IoT Xperience Center, ein hochmodernes IoT-Labor. Auf 750 qm macht das neue Labor mit FuE-Projekten das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) entlang des Produktlebenszyklus erlebbar. In den neuen Räumen erhalten Industriepartner Zugang zu Methoden, Anwendungen und modernen IoT-Technologien wie zu einem 5G-Campusnetz.

Security first: Das gilt in Zeiten der Digitalisierung ganz besonders. Darum haben wir in der Zukunftsmeile 1 einen Raum geschaffen, der das Thema IT-Sicherheit in den Mittelpunkt stellt. Unser neues Secure Engineering Lab ist Lernort, Co-Working-Space und Demonstrationsfläche in einem. Hier sensibilisieren wir Unternehmen für die Sicherheitslücken ihrer Systeme und erarbeiten gemeinsam wirksame Schutzmaßnahmen.

### SElive – Unsere neue Webpräsenz zum Thema Systems Engineering

Unter [www.selive.de](http://www.selive.de) findet man seit Juni viel Wissenswertes über die Entwicklung intelligenter technischer Systeme. Von Grundlagen und Konzepten über Technologien und Trends bis hin zu konkreten Anwendungsbeispielen aus der Industrie – aufbereitet in informativen Artikeln, Interviews, Webinaren und Veranstaltungstipps. Abwechslungsreich und mit Themen am Puls der Zeit. Ganz nach unserem Credo „Aus der Wissenschaft für die Praxis“. Selbstverständlich findet man dort auch alle aufgezeichneten Webinare der SELive-Reihe, die Einblicke in die Entwicklungsarbeit der Gegenwart und Zukunft geben.

---

## Fraunhofer IEM

Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM

---



What is the future of engineering? Fraunhofer IEM is developing impressive solutions to answer this question. The focus is on intelligent products, production systems, services and software applications. We work on new methods, tools and processes in interdisciplinary partnerships and use innovative technologies to ensure the competitiveness of our customers and partners over the long term.

In cooperation with the Heinz Nixdorf Institute at the Paderborn University, Fraunhofer IEM has been helping to shape Paderborn as a research location since 2011 and is a long-standing partner of the industrial sector in East Westphalia-Lippe in the it's OWL technology network. With its nearly 200 employees, Fraunhofer IEM is managed by a three-person Steering Committee: Professor Ansgar Trächtler (Head of the Institute), Professor Eric Bodden and Professor Roman Dumitrescu. The research volume in 2019 was around 13 million euros.

### **The expansion of implementation-oriented research infrastructure**

2020 was also an eventful year. The construction of Zukunftsmeile 2, in which our new research and innovation centre is housed, was completed. The approximately 20 office workstations will be available on schedule at the end of 2020. A particular highlight is the IoT Xperience Center, a cutting-edge IoT lab. Situated on 750 sqm, the new lab uses R&D projects to allow people to experience the Internet of Things (IoT) along the product life cycle. In the new spaces, industry partners gain access to methods, applications and modern IoT technologies and a 5G campus network.

Security first: That is especially true in the age of digitalisation. That is why we created a space in Zukunftsmeile 1 that focuses on the topic of IT security. Our new Secure Engineering Lab is a place of learning, a co-working space and a demonstration area in one. Here, we raise companies' awareness of security vulnerabilities in their systems and work together to develop effective protective measures.

### **SElive – our new website on the topic of systems engineering**

A lot of useful information about the development of intelligent technical systems has been available at [www.selive.de](http://www.selive.de) since June. From fundamentals and concepts, technologies and trends, to concrete application examples from the industrial sector, all compiled into informative articles, interviews, webinars and event recommendations. Diverse and with topics at pace with the times. Very much in line with our motto "From Science for Practical Use". All of the webinars recorded for the SELive series, which offer insights, ideas and input for the development work of the present and future are also available there.



SElive.de ist die neue erste Adresse für Systems Engineering am Fraunhofer IEM.  
SElive.de is the new first port of call for systems engineering at Fraunhofer IEM.

### Fraunhofer IEM Academy goes online

Grundlagen des Systems Engineerings, agile Arbeitsweisen im Innovationsprozess, Industrial Data Analytics praktisch umsetzen: Dies sind nur einige Themenblöcke aus unserer IEM Academy. Auch im deutschlandweiten Fraunhofer-Lernlabor Cybersicherheit bieten wir mehrere Trainings an. Angepasst an die derzeitige Situation bieten wir unser komplettes Schulungsportfolio jetzt auch online an. Die Weiterbildungsangebote richten sich an Führungskräfte, Projektverantwortliche sowie Fachkräfte aus der Industrie und vermitteln herstellerneutral, praxisnah und gleichzeitig theoretisch fundierte Grundlagen, Vorgehensweisen und Best Practices, die Unternehmen fit für die Zukunft machen. Einen kostenlosen Vorgeschmack geben unsere regelmäßig stattfindenden Webinare zum Thema Digitale Transformation und Systems Engineering.  
[www.iem.fraunhofer.de/academy](http://www.iem.fraunhofer.de/academy)

### Forschungsprojekte 2020 und darüber hinaus

Auch im Bereich Forschung ging es voran. Eine Reihe von mehrjährigen Projekten wurde erfolgreich im Jahr 2020 abgeschlossen: Im Projekt DigiKAM wurde zum Beispiel eine Kollaborationsplattform für die additive Fertigung entwickelt. Mit ihr können auch mittelständische Unternehmen ohne eigenes Expertenwissen vom 3D-Druck profitieren. Das Gemeinschaftsprojekt Smart-Headlamp-Technology forschte zur simulativen Erprobung hochauflösender Scheinwerfer. Durch die von den Forscher/innen entwickelte Simulation ist es möglich, virtuelle Testszenarien schnell und flexibel zu generieren und echte Versuchsfahrten realitätsnah zu reproduzieren.

Aber auch viele neue Forschungsprojekte und Initiativen, welche die Forschungsagenda der kommenden Jahre prägen werden, gingen an den Start. Das KI-Kompetenzzentrum KIAM OWL

hat es sich zum Ziel gesetzt, die Arbeitswelt durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz zu verbessern. Im Projekt IntelliSec-Test arbeiten Fraunhofer-Forscher mehrerer Institute an einer innovativen Lösung für hochautomatisiertes Security Testing von Softwareanwendungen. Zudem forscht das Fraunhofer IEM seit Februar im Verbund mit Partnern von der Universität Paderborn und der TU Dortmund an der Entwicklung eines intelligenten Drückwalzprozesses für Stahl. Dieses DFG-geförderte Projekt ist Bestandteil des neuen DFG-Schwerpunktprogramms „Eigenschaftsgerichtete Umformprozesse“ und zielt darauf ab, hochoptimierte fälschungssichere Stahlbauteile durch intelligente Umformprozesse zu gewährleisten.

Ein weiteres großes Forschungsvorhaben (MoSys) ist am 1. Oktober gestartet. Gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft erforscht das Fraunhofer IEM die menschenorientierte Gestaltung von komplexen System of Systems und der zugehörigen Wertschöpfung.

Im Projekt AdWiSE, das von der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften – koordiniert wird, geht es um die disziplinübergreifende Entwicklung komplexer vernetzter sozio-technischer Systeme für die Wertschöpfung von morgen. Die Ergebnisse, zusammengefasst in einer umfangreichen Studie, liefern einen entscheidenden Beitrag, um eine im internationalen Wettbewerb herausragende Kompetenz im Bereich Advanced Systems Engineering zu entwickeln und zu etablieren. Damit soll sichergestellt werden, dass am Standort Deutschland komplexe Systeme professionell entwickelt und schnell zum nachhaltigen Markterfolg gebracht werden können.



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)

### Fraunhofer IEM Academy goes online

Putting the fundamentals of systems engineering, agile working methods in the innovation process and industrial data analytics into practice: These are only a few subject areas covered at our IEM Academy. At the Germany-wide Fraunhofer Cybersecurity Training Lab, we offer several training courses. Based on the current situation, we now also offer our entire training portfolio online. Continuing education courses are aimed at managers, project managers and specialists from the industrial sector and convey manufacturer-neutral, practically and theoretically-founded basics, procedures and best practices that make companies fit for the future. Our regularly occurring webinars on the topic of digital transformation and systems engineering provide a free first impression.

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



Das IoT Xperience Center unterstützt Unternehmen dabei, digitalisierte Produkte, digitale Services und Geschäftsmodelle zu entwickeln. The IoT Xperience Center helps companies develop digitised products, digital services and business models.

### Research projects in 2020 and beyond

Things have also progressed in the research segment. A series of multi-year projects were successfully completed in 2020: For instance, a collaboration platform for additive manufacturing was developed in the DigiKAM project. With it, medium-sized companies can benefit from 3D printing with no in-house expertise required. The joint Smart Headlamp Technology project conducted research on the simulative testing of high-resolution headlamps. The simulation developed by the researchers allows for virtual test scenarios to be quickly and flexibly generated and to realistically reproduce actual test drives.

Many new research projects and initiatives that will shape the research agenda in the coming years started as well. The KIAM OWL AI competence centre has set itself the goal of employing artificial intelligence to improve the working world. In the IntelliSecTest project, Fraunhofer researchers from several institutes are working on an innovative solution for highly-automated security testing of software applications. In addition, Fraunhofer IEM has been conducting research on the development of an intelligent flow-forming process for steel in cooperation with partners from the Paderborn University and the TU Dortmund since February. This DFG-sponsored project is a component of



Arbeiten an einem intelligenten Drückwzprozess: Julian Rozo Vasquez (WPT, Technische Universität Dortmund), Bahman Arian (LUF, Universität Paderborn) und Markus Riepold (Fraunhofer IEM) vor dem Umform-Prüfstand der Universität Paderborn.

Work on an intelligent flow-forming process: Julian Rozo Vasquez (WPT, Technical University of Dortmund), Bahman Arian (LUF, Paderborn University) and Markus Riepold (Fraunhofer IEM) in front of the forming test bench at the Paderborn University.

the new DFG priority programme “Property-based forming processes” and it is aimed at ensuring highly-optimised, forgery-proof steel components using intelligent forming processes.

Another major research project (MoSyS) started on 1 October. In cooperation with partners from the economic and scientific sectors, Fraunhofer IEM is researching the human-oriented design of complex system of systems and the related value creation.

The AdWisE project, which is coordinated by acatech (National Academy of Science and Engineering), is focused on the interdisciplinary development of complex, networked socio-technical systems for the value creation of tomorrow. The results, summarised in a comprehensive study, make a major contribution towards developing and establishing competence in the field of advanced systems engineering that stands out against international competition. This will ensure that complex systems will be professionally developed in Germany and can quickly achieve sustainable success on the market.



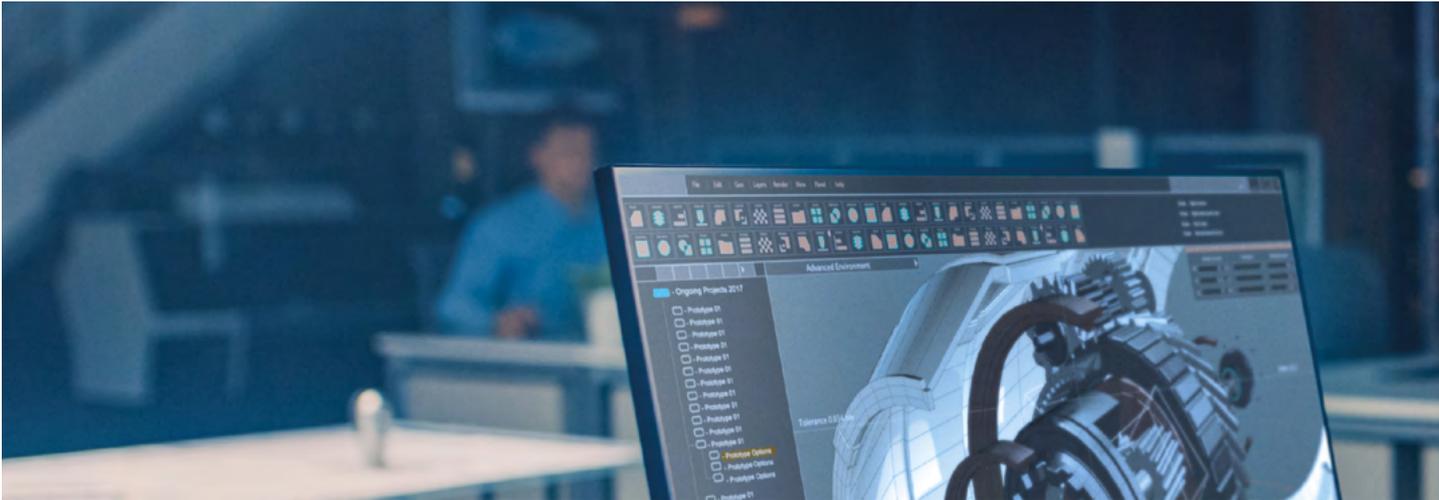
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler  
E-mail: [Ansgar.Traechtler@hni.upb.de](mailto:Ansgar.Traechtler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 77



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

## it's OWL: Künstliche Intelligenz für die Produktion von morgen

Makeathon, Kompetenzzentrum KIAM und Predictive Maintenance



Corona stellte Unternehmen und den Spitzencluster bundesweit vor große Herausforderungen. it's OWL begegnete diesen Herausforderungen mit innovativen Formaten und strategischen Initiativen. Ein Makeathon brachte der Gewinneridee eine Million Euro, ein neues Kompetenzzentrum untersucht, wie der Einsatz von Künstlicher Intelligenz die Arbeitswelt verändert, und der KI-Marktplatz ist gestartet.

Gemeinsam mit inzwischen über 200 Partnern arbeitet it's OWL daran, die digitale Transformation in Ostwestfalen-Lippe erfolgreich zu gestalten. In Innovationsprojekten entwickeln Unternehmen und Forschungseinrichtungen Lösungen in den Bereichen Künstliche Intelligenz, digitale Plattformen, digitaler Zwilling und Arbeitswelt der Zukunft. Dabei arbeiten derzeit 42 Unternehmen und Forschungseinrichtungen in 16 Innovationsprojekten zusammen. Hinzu kommen sechs Innovationsprojekte, die im September 2020 für die dritte Tranche der NRW-Förderung ausgewählt wurden und voraussichtlich im März 2021 mit einem Gesamtvolumen von 9,2 Millionen Euro starten.

Und auch der Transfer im Spitzencluster funktioniert: In Transferprojekten können kleine und mittlere Unternehmen gemeinsam mit einer Forschungseinrichtung konkrete Herausforderungen der digitalen Transformation lösen. Bisher sind über 50 Unternehmen in einem Transferprojekt konkrete Herausforderungen der digitalen Transformation ihres Unternehmens angegangen. Dabei sind über eine Million Euro Fördermittel an kleine und mittlere Unternehmen aus der Region vergeben worden. Auf dem digitalen Transfertag im September 2020 stellten Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Ergebnisse und Wirkungen von Transferprojekten vor.

Es zeigt sich: Die Zusammenarbeit im Spitzencluster it's OWL – Intelligente Technische Systeme OWL – ist ein Erfolgsmodell und hat sich etabliert. Ausgezeichnet als Spitzencluster des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, gilt it's OWL als eine der größten Initiativen für Industrie 4.0 im Mittelstand. Insgesamt will it's OWL mit Unterstützung von Land, Bund und EU bis 2023 Projekte im Umfang von 200 Millionen Euro umsetzen. Bisher wurden bereits 23 Projekte mit einem Volumen von 75 Millionen Euro auf den Weg gebracht.

Für die Erschließung von Technologiefeldern haben neue strategische Initiativen, die it's OWL mit vielen Partnern, wie dem Heinz Nixdorf Institut, initiiert hat, eine zentrale Bedeutung. Im Januar 2020 startete das Projekt KI-Marktplatz, das 2019 die Ausschreibung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ‚KI für Innovationsökosysteme‘ gewann und in dem das Heinz Nixdorf Institut Konsortialführer ist. Einen weiteren großen, bundesweiten Wettbewerb gewann it's OWL 2020 mit dem Kompetenzzentrum ‚KI in der Arbeitswelt des industriellen Mittelstands (KIAM)‘. Das Kompetenzzentrum KIAM hat als ein von zwei Konzepten die Jury im BMBF-Wettbewerb zur Arbeitsforschung überzeugt.

---

## it's OWL: Artificial intelligence for tomorrow's production



Makeathon, Competence Centre KIAM and predictive maintenance

---



COVID-19 has posed major challenges for companies and the Leading-Edge Cluster throughout Germany. it's OWL met these challenges with innovative formats and strategic initiatives. A makeathon brought the winning idea one million euros, a new competence centre is investigating how the use of artificial intelligence is changing the world of work, and the AI marketplace has been launched.

Together with more than 200 partners, it's OWL is working to successfully shape the digital transformation in the Ostwestfalen-Lippe region. In innovation projects, companies and research institutions develop solutions in the areas of artificial intelligence, digital platforms, digital twins and the working world of the future. Currently, 42 companies and research institutions are working together in 16 innovation projects. In addition, six innovation projects were selected in September 2020 for the third tranche of NRW funding and are expected to start in March 2021 with a total volume of 9.2 million euros.

And the transfer within the Leading-Edge Cluster is also working: In transfer projects, small and medium-sized companies can work together with a research institution to solve concrete challenges in their digital transformation. So far, more than 50 companies have tackled concrete challenges of the digital transformation of their company in a transfer project. Over one million euros in funding have been awarded to small and medium-sized companies in the region. At the Digital Transfer Day in September 2020, companies and research institutions presented the results and effects of transfer projects.

It became clear that the cooperation in the Leading-Edge Cluster it's OWL is a model of success and has established itself as such. Awarded as a Leading-Edge Cluster by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), it's OWL is considered as one of the largest initiatives for "Industrie 4.0" in medium-sized businesses. In total, it's OWL plans to implement projects with a total volume of 200 million euros by 2023 with the support of the state, federal government and EU. So far, 23 projects with a volume of 75 million euros have already been launched.

New strategic initiatives, which it's OWL has started with many partners, such as the Heinz Nixdorf Institute, are of central importance for the development of technology fields. In January 2020, the AI-Marketplace project was launched, which won the 2019 tender "AI for Innovation Ecosystems" from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy and in which the Heinz Nixdorf Institute is the consortium leader. Another major nationwide competition was won by it's OWL 2020 with the competence center "AI in the working world of medium-sized industrial companies in the OstWestfalen-Lippe region (KIAM)". As one of two concepts, the KIAM competence centre convinced the jury in the BMBF competition on labour research.

### Ein Marktplatz für Künstliche Intelligenz

Für intelligente Produkte und eine effektive Fertigung ist Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung ein wichtiger Schlüssel. Mit dem KI-Marktplatz entsteht seit Anfang 2020 ein bundesweit einzigartiges Ökosystem, mit dem Unternehmen die Potenziale in diesem Bereich erschließen können. Dreh- und Angelpunkt bildet die gleichnamige Plattform KI-Marktplatz, auf der Anbieter, Anwender und Experten Lösungen für KI entwickeln und austauschen können. Die Vision ist ein Marktplatz, der neben einer intelligenten Partnervermittlung auch einen geschützten Raum für sicheren Datenaustausch und Datensouveränität bietet. Hinzukommen sollen ein App-Store für KI-Lösungen sowie letztendlich ein Angebot an umfassenden KI-Lösungen dank eines Baukastenprinzips.

Erfolgsgarant ist ein Projektkonsortium aus 20 Forschungseinrichtungen, Netzwerken und Unternehmen mit dem Heinz Nixdorf Institut als Konsortialführer. Keimzelle ist das Technologie-Netzwerks it's OWL.

### Künstliche Intelligenz für eine bessere Arbeitswelt

Doch wie wird eigentlich der Einsatz von Künstlicher Intelligenz die Arbeitswelt verändern? Und wie können Beschäftigte auf den Wandel vorbereitet werden? Antworten auf diese Fragen liefert eine weitere strategische Initiative von it's OWL, das neue Kompetenzzentrum „KI für die Arbeitswelt des industriellen Mittelstands“ (KIAM), das am 1. Oktober im Rahmen des Spitzenclusters gestartet ist. 18 Hochschulen und Unternehmen entwickeln gemeinsam mit der IG Metall konkrete Ansätze für Arbeitsplatzgestaltung und Qualifizierung. Das Kompetenzzentrum wird in den nächsten fünf Jahren mit 10,7 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Projektvolumen 12,2 Millionen Euro).

„Mit dem Kompetenzzentrum können wir die Ergebnisse aus der Spitzenforschung für die Industrie in OWL verfügbar machen und in die Anwendung im Mittelstand bringen“, sagt Professor Roman Dumitrescu, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement GmbH und Vorstandsmitglied am Heinz Nixdorf Institut.

Das Kompetenzzentrum KIAM führt Erkenntnisse der Arbeitsforschung im Zukunftsfeld Künstliche Intelligenz zusammen. Themenschwerpunkte sind beispielsweise Arbeitsplatzgestaltung, Kompetenzentwicklung und Change Management. KIAM wird getragen durch die Universitäten Bielefeld und Paderborn, die TH OWL, die FH Bielefeld, die Fachhochschule der Wirtschaft, Fraunhofer IEM und Fraunhofer IOSB-INA sowie die Unternehmen Atos, Bette, Bosch Rexroth, Deutsche Angestellten-Akademie OWL, Dr. Oetker, Kannegiesser, itelligence, Lenze, Miele, WAGO und Weidmüller und die IG Metall.



Das Kompetenzzentrum KIAM führt Erkenntnisse der Arbeitsforschung in dem Zukunftsfeld Künstliche Intelligenz zusammen.  
The Competence Centre KIAM brings together findings of labour research in the future field of artificial intelligence.

In Leuchtturmprojekten entwickeln Forschungseinrichtungen und Unternehmen konkrete Lösungen, in denen KI-Technologien für unterschiedliche Anwendungsfelder verfügbar gemacht werden. Weidmüller beispielsweise erarbeitet mit der FH Bielefeld neue Ansätze für die Kompetenzvermittlung für Auszubildende und Beschäftigte. Darüber hinaus wird untersucht, welche Veränderungen in der Organisation (wie Lernkultur, agile Strukturen), im Führungsverständnis und in der Mitbestimmung erforderlich sind. Durch die enge Kooperation mit dem Betriebsrat und der IG Metall werden dabei die Interessen der Beschäftigten eingebunden. Miele wird Ansätze für die intelligente Personaleinsatzplanung erarbeiten, Bette ein intelligentes Wissensmanagement. WAGO plant die Entwicklung eines KI-basierten Vertriebsassistenten, Dr. Oetker eine KI-gestützte Absatzplanung. Kannegiesser will die Sortierung von Wäsche optimieren.

Die Ergebnisse und Erfahrungen aus den Projekten sollen für kleine und mittlere Unternehmen verfügbar gemacht werden. Dazu werden eine Informationsplattform aufgebaut, gute Beispiele aufbereitet sowie Veranstaltungen und Workshops durchgeführt. In Weiterbildungen werden Beschäftigte für den Einsatz von KI-Technologien qualifiziert. In Transferprojekten können Unternehmen in Kooperation mit einer Forschungseinrichtung neue KI-Technologien nutzen, um konkrete Herausforderungen in ihrem Betrieb zu lösen.

### Wartung vereinfachen und digitaler Zwilling

Bis Ende 2020 arbeitete it's OWL außerdem im Rahmen des Projekts BOOST 4.0, der größten europäischen Initiative für Big Data in der Industrie, mit 50 Partnern aus 16 Ländern an unterschiedlichen Anwendungsszenarien für Big Data in der Produktion. Bei einer Produktionslinie des Automobilzulieferers BENTELER lag der Fokus auf Predictive Maintenance: Dank systematischer Erfassung und Auswertung von Maschinendaten

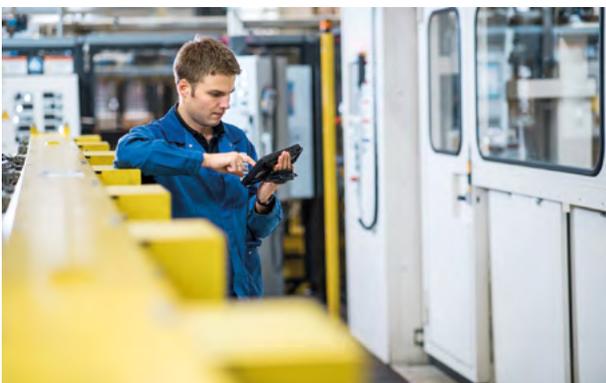
### A marketplace for artificial intelligence

For intelligent products and effective manufacturing, artificial intelligence is an important key in product creation. Since the beginning of 2020, the AI-Marketplace has been creating an ecosystem that is unique in Germany, enabling companies to tap the potential in this area. The linchpin is the AI-Marketplace platform of the same name, where providers, users and experts can develop and exchange solutions for AI. The vision is a marketplace that offers not only an intelligent dating service but also a protected space for secure data exchange and data sovereignty. In addition, an app store for AI solutions is to be added, and ultimately a range of comprehensive AI solutions thanks to a modular design principle.

Success is guaranteed by a project consortium of 20 research institutions, networks and companies with the Heinz Nixdorf Institute as the consortium leader. The nucleus is the technology network it's OWL.

### Artificial intelligence for a better working environment

But how will the use of artificial intelligence actually change the world of work? And how can employees be prepared for that change? Answers to these questions are provided by another strategic initiative of it's OWL, the new competence center "AI for the working world of medium-sized industrial companies" (KIAM), which was launched on 1 October as part of the Leading-Edge Cluster. 18 universities and companies are working together with the trade union "IG Metall" to develop concrete approaches for workplace design and qualification. Over



Wie können Daten aus der Produktion genutzt dazu werden, Betriebsausfälle von Maschinen vorherzusehen und zu vermeiden? Im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL arbeiten das Fraunhofer IEM und BENTELER gemeinsam an dem Thema Big Data im industriellen Umfeld. Die Forschungskoooperation findet im Rahmen des EU-Projekts BOOST 4.0 statt. How can data from production be used to predict and avoid machine downtime? Within the framework of the Leading-Edge Cluster it's OWL, Fraunhofer IEM and BENTELER are working together on the topic of Big Data in an industrial environment. The research cooperation takes place within the EU project BOOST 4.0.

the next five years, the competence centre will receive 10.7 million euros in funding from the Federal Ministry of Education and Research (project volume 12.2 million euros).

"With the competence centre, we can make the results of top-level research available to industry in OWL and bring them to application in medium-sized companies," says Professor Roman Dumitrescu, Managing Director it's OWL Clustermanagement GmbH and member of the board at the Heinz Nixdorf Institute.

The Competence Centre KIAM brings together findings from work research in the future-oriented field of artificial intelligence. Main topics are for example workplace design, competence development and change management. KIAM is supported by the Universities of Bielefeld and Paderborn, OWL University of Applied Sciences, Bielefeld University of Applied Sciences, University of Applied Economics FHDW, Fraunhofer IEM and Fraunhofer IOSB-INA as well as the companies Atos, Bette, Bosch Rexroth, Deutsche Angestellten-Akademie OWL, Dr. Oetker, Kannegiesser, itelligence, Lenze, Miele, WAGO and Weidmüller and IG Metall.

In lighthouse projects, research institutions and companies are developing concrete solutions in which AI technologies are made available for various fields of application. Weidmüller, for example, is working with the Bielefeld University of Applied Sciences to develop new approaches for teaching skills to trainees and employees. In addition, they are investigating what changes are required in the organisation (such as learning culture, agile structures), in the understanding of leadership and in co-determination. Through close cooperation with the works council and the IG Metall trade union, the interests of the employees are integrated. Miele will develop approaches for intelligent personnel deployment planning, Bette will develop intelligent knowledge management. WAGO plans to develop an AI-based sales assistant, Dr Oetker an AI-based sales planning. Kannegiesser wants to optimise the sorting of linen.

The results and experiences from these projects should be made available to small and medium-sized enterprises. To this end, an information platform will be set up, good examples will be prepared and events and workshops will be held. In further training courses, employees are qualified for the use of AI technologies. In transfer projects, companies can use new AI technologies in cooperation with a research institution to solve concrete challenges in their company.

einer hydraulischen Presse und einer Materialfördereinrichtung ist es nun möglich, Muster im Produktionsprozess zu erkennen.

Das Fraunhofer IEM hat dafür mithilfe von intelligenten Algorithmen ein Vorgehensmodell für die Implementierung von vorausschauender Instandhaltung entwickelt. Mit Erfolg: In den vergangenen zwei Jahren konnte die Vorhersage von Maschinenausfällen durch maschinelle Lernverfahren entscheidend verbessert werden. Die Durchschnittszeit für Reparaturen konnte bisher um mehr als 30 Prozent gesenkt werden, eine weitere Reduzierung um 30 Prozent ist zu erwarten. Auch die Anzahl der Maschinenausfälle konnte erheblich verringert werden. So ist die Durchschnittszeit zwischen den Ausfällen mittlerweile sechsmal so lang wie früher. Darüber hinaus wird erwartet, dass die Gesamtanlageneffektivität um fünf Prozent gesteigert werden kann.

### it's OWL Makeathon: Gewinneridee wird mit bis zu einer Million Euro gefördert

Um die Revolution von Service-Leistungen im Maschinenbau ging es indes beim it's OWL Makeathon #horizonteOWL. Sechs Studierende und Experten aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen hatten sich im Mai 2020 mit ihrer Idee gegen knapp 200 Teilnehmer/innen und 30 weitere Teams durchgesetzt. Bei der Online-Veranstaltung ging es darum, Lösungen für konkrete Herausforderungen zu erarbeiten, denen sich Unternehmen durch die Corona-Krise stellen müssen. Die Gewinneridee soll nun mit bis zu einer Million Euro Förderung umgesetzt werden.

„Das ist der Wahnsinn. Wir freuen uns riesig, dass wir mit diesem tollen Team an der Idee weiterarbeiten können. Es war eine unglaubliche Erfahrung und wir glauben an die Idee“, freute sich Teilnehmerin Caroline Junker vom Fraunhofer IEM.



**BOOST 4.0:** Ein Demonstrator zeigt, wie Maschinenfehler in einer Produktionsumgebung dank Datenanalyse und Methoden des maschinellen Lernens vorhergesagt werden.

**BOOST 4.0:** A demonstrator shows how machine errors are predicted in a production environment thanks to data analytics and machine learning methods.

Die Gewinner-Idee: die App ‚ServiceNavigator‘. Tritt ein Problem an einer Maschine auf, hilft die App dank einem Diagnosetool unter anderem, den Fehler zu kategorisieren, und bietet direkt Lösungen für das Problem an.

Die Herausforderung hatten die Unternehmen GEA (Oelde), Kraft Maschinenbau und WP Kemper (beide Rietberg) für den Makeathon gestellt. Im Team hat Caroline Junker zusammen mit Matthias Kreinjobst, Maximilian Bersch (Werkstudent GEA), Patrick Deutschmann (Student), Sina Kämmerling (Unity AG) und Alexander Diedrich (Fraunhofer IOSB-INA) gearbeitet.



Das Sieger-Team „The Remotiers“ bejubelt zusammen mit Jury und Organisatoren den Gewinn des it's OWL Makeathons #horizonteOWL im Juni 2020.

Together with the jury and organisers, the winning team “The Remotiers” celebrates the winning of the it's OWL Makeathon #horizonteOWL in June 2020.

### Minister Pinkwart lobt Engagement der Teilnehmer/innen

„Wir sind begeistert von den hervorragenden Ideen, die im Rahmen des Makeathons entstanden sind. Alle Präsentationen haben überzeugt und verdeutlicht, wie viel Know-how, Kreativität und Leidenschaft die Teilnehmer/innen investiert haben. Ich bin überzeugt, dass wir neben dem Gewinner noch viele weitere Ideen in die Umsetzung bringen werden“, sagt Günter Korder, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement GmbH. it's OWL hat den Makeathon in Kooperation mit dem Fraunhofer IEM und der OstWestfalenLippe GmbH organisiert, um neue Impulse für die Wirtschaft zu entwickeln. Knapp 200 Teilnehmer/innen waren vom 27. bis 29. Mai dem Aufruf gefolgt und haben in 31 Teams insgesamt 15 Herausforderungen aus Unternehmen bearbeitet. Wirtschafts- und Digitalminister Professor Andreas Pinkwart, der das Finale am Freitag ebenfalls verfolgte, lobte das Engagement der Teilnehmer/innen: „Der Makeathon ist ein toller Wettbewerb. Denn hier soll die Gewinneridee direkt in die Umsetzung gebracht werden. Dafür stellen wir gerne Fördermittel des Landes bereit.“

### Simplifying maintenance and digital twins

Until the end of 2020, it's OWL also worked on various application scenarios for Big Data in production with 50 partners from 16 countries as part of the BOOST 4.0 project, the largest European initiative for Big Data in industry. For a production line of the automotive supplier BENTELER, the focus was on predictive maintenance: Thanks to the systematic collection and evaluation of machine data from a hydraulic press and a material conveyor, it is now possible to identify patterns in the production process.

For this purpose, the Fraunhofer IEM has developed a process model for the implementation of predictive maintenance using intelligent algorithms. With success: In the past two years, the prediction of machine failures has been significantly improved by machine learning methods. The average time for repairs has been reduced by more than 30 per cent so far, and a further reduction of 30 percent is expected. The number of machine failures has also been reduced considerably. The average time between failures is now six times longer than before. Furthermore, it is expected that the overall system effectiveness can be increased by five per cent.

### it's OWL Makeathon: winning idea to be funded with up to one million euros

Meanwhile, the it's OWL Makeathon #horizonteOWL was all about revolutionising services in the mechanical engineering industry. In May 2020, six students and experts from research institutes and companies had won through with their idea against almost 200 participants and 30 other teams. The aim of the online event was to develop solutions for concrete challenges that companies have to face up to as a result of the corona crisis. The winning idea is now to be implemented with up to one million euros in funding.

"This is amazing. We are so happy that we can continue working on the idea with this great team. It was an incredible experience and we believe in the idea," enthused participant Caroline Junker from Fraunhofer IEM. The winning idea: The app "ServiceNavigator". If a problem occurs on a machine, the app uses a diagnostic tool to help categorise the error and offers direct solutions to the problem.

The challenge was set by GEA (Oelde), Kraft Maschinenbau and WP Kemper (both Rietberg) for the Makeathon. Caroline Junker worked in the team together with Matthias Kreinjobst, Maximilian Bersch (working student GEA), Patrick Deutschmann (student), Sina Kämmerling (UNITY AG) and Alexander Diedrich (Fraunhofer IOSB-INA).



Digitale Veranstaltungen waren 2020 ein großes Thema bei it's OWL. So stellten Unternehmen und Forschungseinrichtungen im September die Ergebnisse und Wirkungen von Transferprojekten digital auf dem Transferstag vor.

Digital events were a big topic at it's OWL in 2020. In September, companies and research institutions presented the results and effects of transfer projects digitally at the Transfer Day.

### Minister Pinkwart praises the commitment of the participants

"We are enthusiastic about the excellent ideas that have been developed during the Makeathon. All presentations were convincing and showed how much know-how, creativity and passion the participants had invested. I am convinced that we will be able to implement many more ideas in addition to the winner," says Günter Korder, Managing Director of it's OWL Clustermanagement GmbH. it's OWL organised the Makeathon in cooperation with the Fraunhofer IEM and Ost-WestfalenLippe GmbH to develop new impulses for the economy. Nearly 200 participants followed the call from 27 May to 29 May and worked in 31 teams on a total of 15 challenges from companies. Minister of Innovation, Science, Research and Technology of North Rhine-Westphalia, Professor Andreas Pinkwart, who also followed the final on Friday, praised the commitment of the participants: "The Makeathon is a great competition. Because here, the winning idea is to be put directly into practice. We are happy to provide state funding for this. With the Makeathon, it's OWL is once again doing pioneering work for North Rhine-Westphalia".

A top-class jury evaluated the finalists' concepts, among other things according to their added value for the region and contribution to crisis security, and chose the winner.

"All five teams have developed great solutions in a short time under enormous pressure. The winning team had the best fit in terms of degree of innovation, added value for the customer, resilience, business model and monetisation," says jury member Dr Stefan Breit, Managing Director of Miele. Previously, Breit and the other members of the jury, Roland Bent (Managing

it's OWL leistet mit dem Makeathon wieder Pionierarbeit für Nordrhein-Westfalen.“

Eine hochkarätige Jury hat die Konzepte der Finalisten, unter anderem nach deren Mehrwert für die Region und Beitrag zur Krisensicherheit, bewertet und den Sieger gekürt.

„Alle fünf Teams haben in kurzer Zeit unter enormem Druck tolle Lösungen entwickelt. Das Gewinnerteam hatte den besten Fit aus Innovationsgrad, Mehrwert für den Kunden, Resilienz, Geschäftsmodell und Monetarisierung“, sagt Jurymitglied Dr. Stefan Breit, Geschäftsführer Miele. Zuvor hatte Breit zusammen mit den weiteren Jurymitgliedern Roland Bent (Geschäftsführer Phoenix Contact), Sebastian Borek (Geschäftsführer Founders Foundation), Professor Otthein Herzog (Professor Universität Bremen) und Professor Ingeborg Schramm-Wölk (Präsidentin Fachhochschule Bielefeld und Vorsitzende Campus OWL) drei Finalisten bestimmt. Zwei weitere Teams sind durch eine öffentliche Abstimmung ins Finale gekommen. Ihre Videos wurden am häufigsten angesehen. Dabei stoßen die Ideen der Teilnehmer/innen auf großes Interesse. Zuschauer hatten die 31 Ideen insgesamt über 35.000 Mal aufgerufen und knapp 800 Stunden angeschaut.

### Von der digitalen Maschinensteuerung bis zum kontaktlosen Kassensystem

Die Bandbreite der Themen deckte dabei viele Aspekte ab, die für Unternehmen bundesweit während der Corona-Krise in den Fokus gerückt sind: von digitalen Services und Vertriebsmodellen über die Neugestaltung von Zuliefernetzwerken und autonomem Warentransport bis hin zu kontaktlosen Kassiersystemen und sicheren Desinfektionsmaßnahmen. Aber auch um die Vereinbarkeit von Homeoffice und Kinderbetreuung sowie neue Formen der digitalen Zusammenarbeit und Qualifizierung ging es.

Die Themen waren von 18 Unternehmen entwickelt worden. Darunter waren die Clusterunternehmen Benteler, Bette, Claas, GEA, KEB Automation, Miele, Kraft Maschinenbau, Phoenix Contact, S & N Invent und WP Kemper. Aber auch Start-ups wie Coverno, Unchained Robotics und Two Pillars haben sich beteiligt, genauso wie die Bielefelder Stadtwerke und die Brancheninitiativen.



Dr.-Ing. Arno Kühn, Leiter Strategie/FuE, im Spitzencluster it's OWL während seiner Liveschalte auf den Digital Days der Hannover Messe.  
Dr.-Ing. Arno Kühn, Head of Strategy/R&D at it's OWL during his live appearance at the Digital Days at the Hannover Messe.

### So kommt it's OWL in der Öffentlichkeit an

Doch nicht nur mit dem innovativen Format eines Makeathons hat it's OWL 2020 für überregionale Sichtbarkeit gesorgt. Die Aktivitäten des Technologie-Netzwerkes fanden eine hohe Aufmerksamkeit in der Fachwelt. Neben regelmäßigen Fach- und Pressebeiträgen sowie digitalen Veranstaltungen konnten gemeinsame Anzeigen wie beim Verlagsspezial in der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung zur Hightech-Region OWL im November dank der Partner, wie dem Heinz Nixdorf Institut, umgesetzt werden.



**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu**

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

Telefon: +49 5251 | 60 62 55



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



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

Director of Phoenix Contact), Sebastian Borek (Managing Director of the Founders Foundation), Professor Otthein Herzog (Professor at Bremen University) and Professor Ingeborg Schramm-Wölk (President of Bielefeld University of Applied Sciences and Chairwoman of Campus OWL) had selected three finalists. Two other teams had reached the final by public vote. Their videos were viewed the most. The ideas of the participants met with great interest. Viewers had called up the 31 ideas a total of more than 35,000 times and watched almost 800 hours.

### From digital press controls to contactless POS systems

The range of topics covered many aspects that came into focus for companies nationwide during the COVID-19 pandemic: from digital services and sales models, the redesign of supplier networks and autonomous goods transport to contactless checkout systems and secure disinfection measures. However the focus was also on the compatibility of home office and childcare as well as new forms of digital collaboration and qualification.

The topics had been developed by 18 companies. Among them were the cluster companies Benteler, Bette, Claas, GEA, KEB Automation, Miele, Kraft Maschinenbau, Phoenix Contact, S & N Invent and WP Kemper. But also start-ups such as



Wie kann der Einsatz von Augmented Reality (erweiterte Realität) in Unternehmen unterstützt werden? Mit dieser Frage beschäftigt sich eins der sechs neuen Projekte von it's OWL.

How can the use of Augmented Reality be supported in companies? One of the six new projects of it's OWL deals with this question.

Coverno, Unchained Robotics and Two Pillars took part as well as the Bielefeld public utilities and industry initiatives.

### How it's OWL is received by the public

However, it's OWL 2020 has not only provided supra-regional visibility with the innovative format of a Makeathon. The activities of the technology network attracted a great deal of attention in the professional world. In addition to regular trade and press articles and digital events, joint advertisements, such as the publishing special in the Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung on the high-tech region OWL in November, were implemented thanks to partners such as the Heinz Nixdorf Institute.



Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

E-mail: Roman.Dumitrescu@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 62 55



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

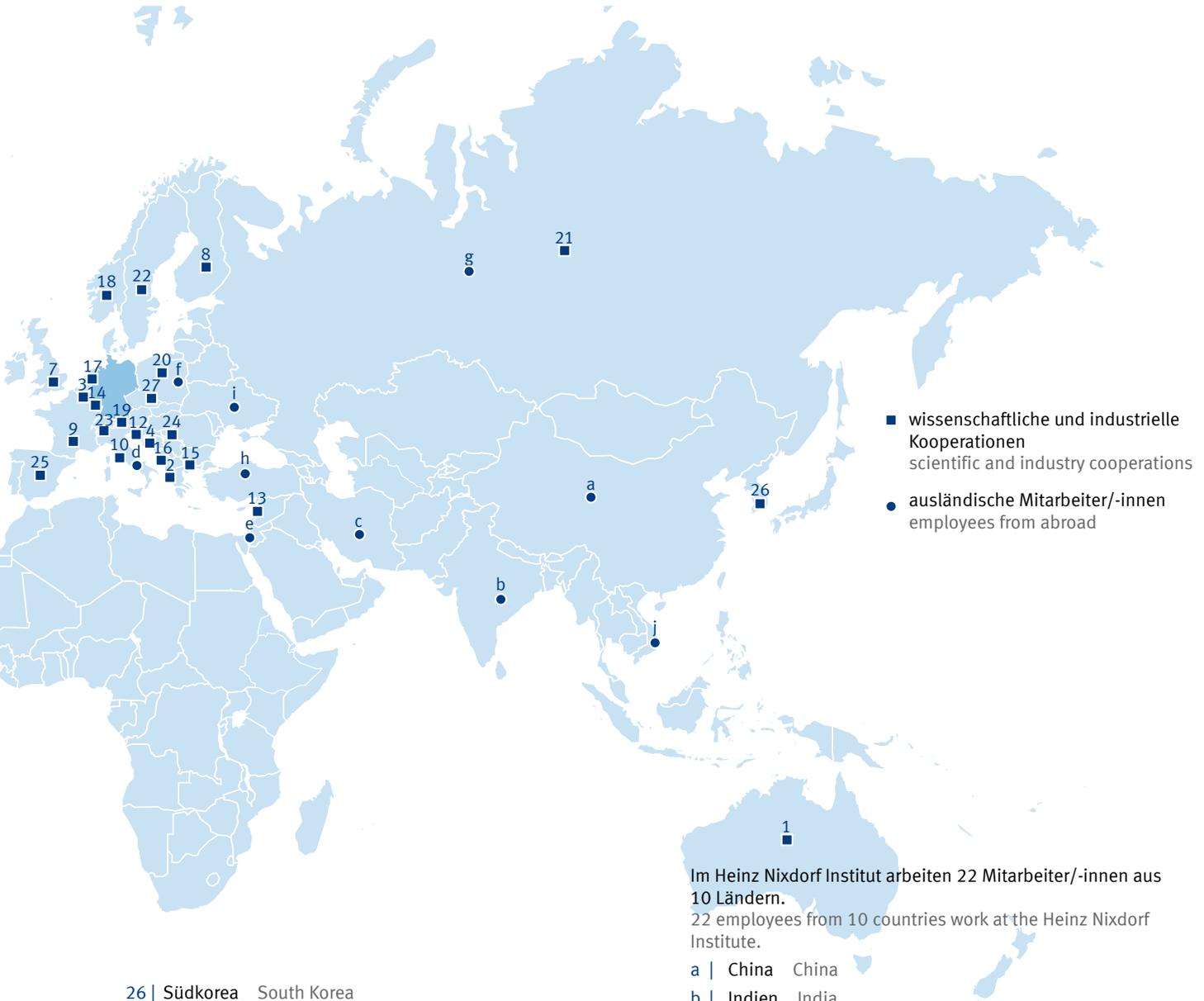
## Internationalität

Wir kooperieren mit 70 ausländischen Partnern.

We cooperate with 70 partners from abroad.

- 
- 1 | Australien Australia  
Oracle Labs • Monash University •  
Queensland University of Technology
  - 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 | England England  
University of Liverpool • University of Warwick •  
Loughborough University • National Physics Laboratory •  
The Open University
  - 8 | Finnland Finland  
COMATEC Oy • Tampere University of Technology •  
Microteam Oy • Minima Processor • Noiseless Imaging Oy •  
Visy Oy
  - 9 | Frankreich France  
Université Paris Saclay • Technical University of Compiègne
  - 10 | Italien Italy  
University of Milano
  - 11 | Kanada Canada  
Polytechnique Montreal • Carleton University •  
University of Alberta • McGill University
  - 12 | Kroatien Croatia  
University Zagreb
  - 13 | Libanon Lebanon  
Haigazian University • Lebanese American University
  - 14 | Luxemburg Luxembourg  
SnT Universität Luxembourg
  - 15 | Mazedonien Macedonia  
Ss. Cyril and Methodius University
  - 16 | Montenegro Montenegro  
Univerzitet Crne Gore
  - 17 | Niederlande Netherlands  
Delft University of Technology • UT University of Twente •  
Noldus Information Technology • Vrije Universiteit
  - 18 | Norwegen Norway  
University of Bergen • University of Oslo •  
University of South-Eastern Norway
  - 19 | Österreich Austria  
Abix GmbH • Johannes Kepler University Linz •  
University of Salzburg
  - 20 | Polen Poland  
Poznan University of Technology
  - 21 | Russland Russia  
Altai State Technical University
  - 22 | Schweden Sweden  
Mälardalen University
  - 23 | Schweiz Switzerland  
University of Lugano • Google Inc.
  - 24 | Serbien Serbia  
University of Belgrade
  - 25 | Spanien Spain  
IMDEA • Universitat Politècnica de Catalunya •  
University of Oviedo • Public University of Navarra

## Internationality



26 | Südkorea South Korea  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

27 | Tschechien Czech Republic  
Charles University Prague

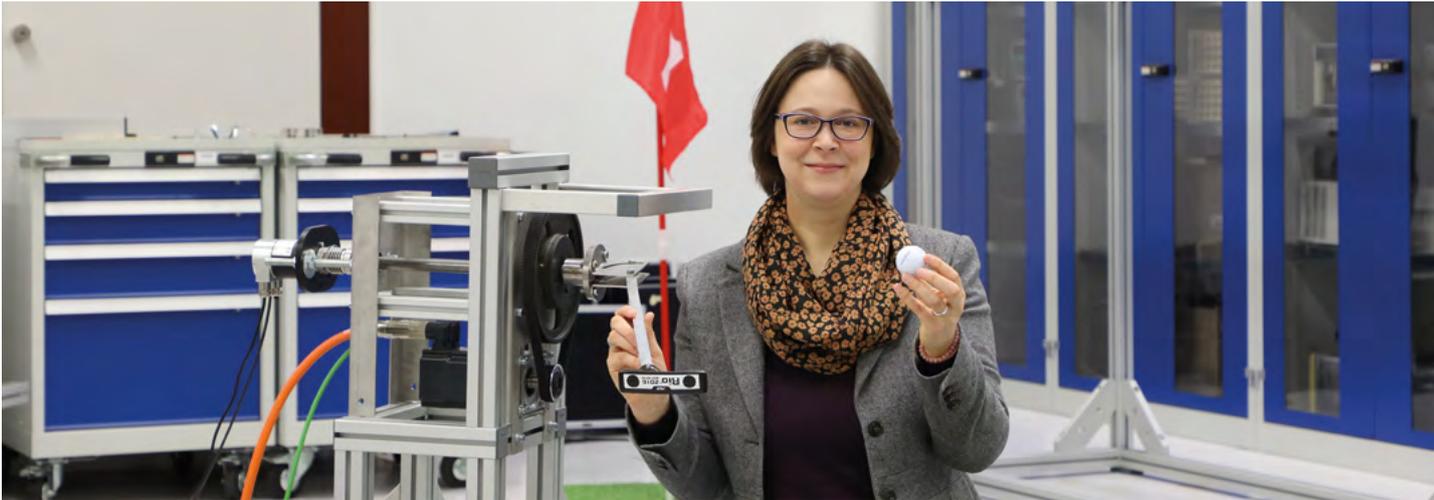
28 | USA USA  
SiFive • Yahoo Research • Iowa State University •  
Microsoft • Microsoft Research • NC State University •  
Carnegie Mellon University • Penn State University •  
Northeastern University Boston • Google Inc. •  
Oracle Inc. • Purdue University • The Boeing Company •  
ABB Corporate Research • Google Research

Im Heinz Nixdorf Institut arbeiten 22 Mitarbeiter/-innen aus 10 Ländern.

22 employees from 10 countries work at the Heinz Nixdorf Institute.

- a | China China
- b | Indien India
- c | Iran Iran
- d | Italien Italy
- e | Palästina Palestine
- f | Polen Poland
- g | Russland Russia
- h | Türkei Turkey
- i | Ukraine Ukraine
- j | Vietnam Vietnam

## Engagement in der Nachwuchsförderung



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

2020 haben mehr als 190 Studierende bei uns ihre Abschlussarbeit erstellt. 110 besonders begabte Absolvent/inn/en sind auf dem Weg zur Promotion. Unser Engagement in der Nachwuchsförderung zeigt sich auch durch unsere Beteiligung an den beiden Forschungskollegs (Seite 22). 46 unserer Absolvent/inn/en haben bereits Professuren.

### Vorbereitung auf eine Hochschulkarriere

Wir fördern nachdrücklich die Mitarbeiter/innen, die eine Hochschulkarriere anstreben:

**Gleb Polevoy** leitet die Fachgruppe „Algorithmische Spieltheorie“ und beschäftigt sich mit Wirtschaftswissenschaften, Spieltheorie und Informatik. Diese Bereiche vermitteln ein Verständnis für die Gesellschaft und das Handeln in der belebten und unbelebten Welt und wie man Interaktionen lenkt. Sein Ziel ist es Modelle für Interaktionen zu entwickeln bzw. zu verbessern, wie die explizite Modellierung menschlicher Werte, rechtlicher bzw. widerrechtlicher Entscheidungen und Zeitmanagement. Auch interessiert ihn die Modellierung von Abstimmungen unter dem Gesichtspunkt der sozialen Effizienz, von Spielen in sozialen Netzwerken und das Zusammenspiel von Kontaktsuche, Sichtbarkeit und Einfluss. Eine solche Lösung sollte bestimmte

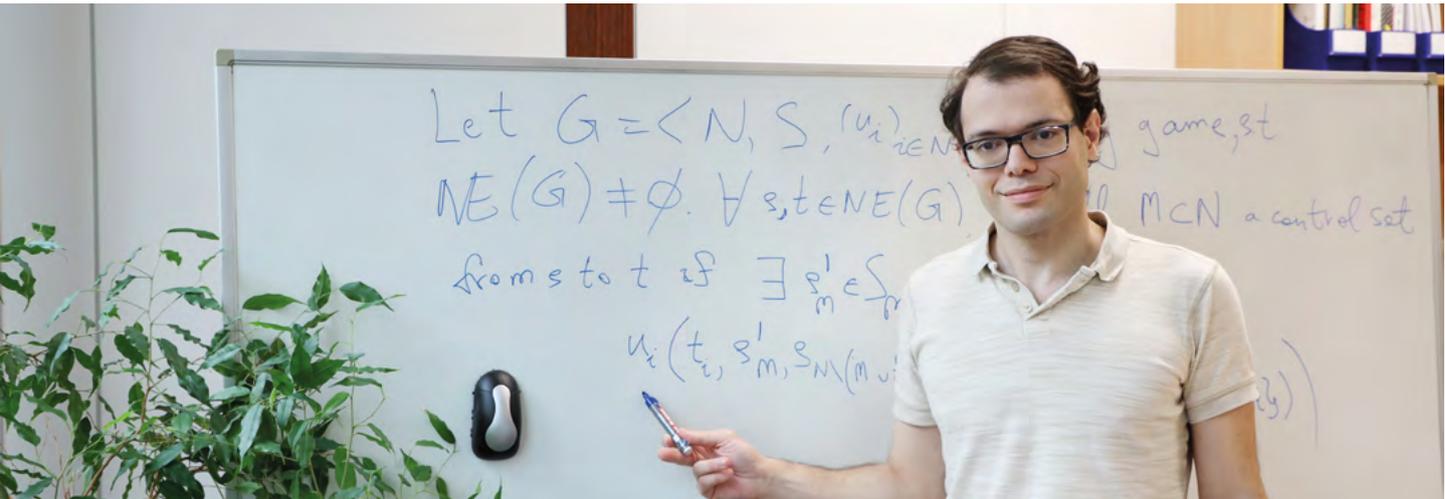
Eigenschaften besitzen, wie die Reaktionsfähigkeit auf wichtige Veränderungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber immateriellen Erschütterungen. Im Bereich Algorithmen liegt sein Schwerpunkt auf Graphalgorithmen und anderen Disziplinen, wie die Entwicklung von approximativen Lösungen für schwierige Probleme. Mit seiner oben beschriebenen Expertise trägt er zum Teilprojekt A3 des SFB901 „On-The-Fly Computing“ bei.

**Julia Timmermann** promovierte 2013 zum Thema „Optimale Steuerung und Mehrzieloptimierung von dynamischen Systemen, untersucht am Beispiel des Mehrfachpendels“ am Heinz Nixdorf Institut. Seit Juli 2020 leitet sie die vom BMBF geförderte Nachwuchsforschungsgruppe „DART – Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik“. Ziel dieses Projektes ist es, neuartige hybride Methoden zu entwickeln, die Bestandteile aus regelungstechnischen Methoden mit maschinellem Lernen sinnvoll verbinden. Dazu werden bewährte physikalisch motivierte Verfahren mit modernen datengetriebenen Verfahren kombiniert, sodass die größtmögliche Performanz beim Regelungsentwurf erzielt werden kann. Diese hybriden Ansätze gehen weit über einfache, Kombinationen hinaus, weil sie auf strukturell gut begründeten Kompositionen aus aufeinander zugeschnittenen Verfahren beruhen, die ihre Vorteile synergetisch vereinen.

---

## Commitment to support young researchers

---



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

In 2020, more than 190 students wrote their thesis with us. 110 especially talented graduates are well on their way to successfully completing their post-graduate studies. Our commitment to developing young talent can also be seen in our involvement with the two “Forschungskollegs” (page 23). 46 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:

**Gleb Polevoy** is the head of the “Algorithmic game theory” workgroup, working in game theory, economics, and computer science. These areas span understanding societies and acting on the animate and inanimate world, including interaction shaping. He aspires to develop new and improve the existing models for interactions, such as explicitly modelling human values, legal versus illegal decisions and time management. He also takes an interest in modelling voting from the point of view of social efficiency and in games on social networks and the interplay of connection effort, visibility and influence. Such modelling should employ the appropriate solution concepts, defining what we see as stable. Such a solution should

possess certain properties, like responsiveness to relevant changes and resilience to immaterial shocks. In the domain of algorithms, he works in graph algorithms and other domains, like developing approximate solutions for hard tasks. With the above expertise, he contributes to the subproject A3 of Collaborative Research Centre “On-The-Fly Computing”.

**Julia Timmermann** received her doctorate in 2013 on the topic “Optimal control and multi-objective optimisation of dynamic systems investigated using the example of the multiple pendulum” at the Heinz Nixdorf Institute. Since July 2020, Julia Timmermann has been head of the BMBF-funded junior research group “DART – Data-driven methods in control engineering”. The goal of this project is to develop novel hybrid methods that combine components of control engineering methods with machine learning in a meaningful way. For this purpose, the proven physically motivated methods are combined with modern data driven methods, so that the highest possible performance in control design can be achieved. These hybrid approaches go far beyond simple, pragmatic combinations because they are based on structurally well-founded compositions of methods that are tailored to each other and synergistically combine their advantages.

## Unsere Kooperationspartner in der Industrie

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

**BECKHOFF**

**Lenze**

**SOLUNÄR**  
SOFTWARE

**Kemper**  
*Baker's friend*

**BST GROUP**

**SPARX**  
SYSTEMS CENTRAL EUROPE

**coactum**

**advico**  
microelectronics

**PK TEC**  
Pauli & Kayser Ingenieurgesellschaft mbH

**Melitta®**

**ihp**

**düspohl**

**InnoZent**  
OWL

**GEA** engineering for a better world

**code-shield**

**Miele**

**Rotte**  
Anlagenbau & Fördertechnik GmbH

moderne Straßenverkehrstechnik  
**Stühnberg®**

**FREUND**  
GERMAN QUALITY SLAUGHTER-TOOLS

**GeoMobile**

**remmert**  
we make material flow

**owl maschinenbau**  
Netzwerk der Kompetenzen

**HOOD**  
GROUP

**Fischer Panda®**  
Four possibilities you are™

**KUPER**

**PHOENIX CONTACT**

**BOGE**  
COMPRESSED AIR SYSTEMS

**SEMALYTIX**  
**INTES**

**HEGGEMANN**

**360°**  
From Engineering to Production

**HAHN RUHRBOTICS**

**rb**

**K4A**  
The Knowledge Company

Maschinenbau-Institut GmbH  
ein Unternehmen des VDMA

**VDMA**

**WÖHLER**

**thyssenkrupp**

**prometo**  
Embedded Systems • IT • Sicherheit

**FIWARE**  
Open APIs for Open Minds

**Minima**

**AEMtec**

**RTB**

**FREUDENBERG**  
INNOVATING TOGETHER

**CAE**  
Consulting & Engineering GmbH

**kraft**  
Maschinenbau

**westaflex**

**THALES**  
Building a future we can all trust

**TK**  
OBERFLÄCHE

**COSEDA**  
Technologies

**infineon**

**SAC FS**  
Stükerjürgen

**VATHAUER**  
ANTRIEBSTECHNIK

## 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.

**LEONI**

sicoya

**ISRI** ISRINGHAUSEN

innome

**FGB**

reQUIRE  
consultants GmbH

**UWS**

**ScMI**

CONTACT  
Software

**OSRAM**

**Kannegiesser**

contech<sup>®</sup>  
software . hardware . produktion.

**dSPACE**

**ROLLAX**<sup>®</sup>

SILICON radar

AIRROBOT<sup>®</sup>  
DR. WOLF WIRELESS GMBH

MANNESMANN  
LINE PIPE  
Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

**UNITY**  
CONSULTING & INNOVATION

mind square  
KEIPER  
IT-Beratung und Entwicklung

**CREOS**<sup>®</sup>  
LERN IDEEN  
UND BERATUNG GMBH

Smart  
Mechatronics

helectronics

**KRAUSE**  
DiMaTec

INTERNATIONAL DATA  
SPACES ASSOCIATION

**Weidmüller**

**MES**  
MODEL ENGINEERING SOLUTIONS

ii itemis

connext  
VIVENDI

Ubermetrics

**FASTEC**  
Software for Production

mit  
SYSTEMARMATUREN

it's owl

STV  
ELECTRONIC

**SEWERIN**  
Technologien für die Lecksuche.

**ELHA**  
MASCHINENBAU

**HESSE**  
MECHATRONICS

mainis  
IT-Service GmbH

**KAOS** KASPER  
OSWALD  
Ingenieure für innovative Sicherheitslösungen

MINRES  
TECHNOLOGIES

searchconcepts

**HELLA**

TAKTIQ  
PRODUKTION IM EINKLANG

concept  
engineering  
we make things visible

myview

**AEF**  
AGRICULTURAL INDUSTRY  
ELECTRONICS FOUNDATION

DEUTSCHE  
**Stockmeyer**  
SEIT  
1913  
MARKENWURST

...



## 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

»» Das Wissen über Hardware und Software macht meinen Beruf aus ««

»» My profession requires a knowledge of hardware and software. ««

Matthias Sürig

---

## Apprenticeship at the Heinz Nixdorf Institute

---

mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer (IHK) ab.

### Elektroniker für Geräte und Systeme

Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme fertigen Komponenten und Geräte, z. B. für die Informations- und Kommunikationstechnik. Sie nehmen Systeme und Geräte in Betrieb und halten sie instand. Aber auch IT-Kompetenzen, wie das Installieren und Konfigurieren von IT-Systemen oder der Einsatz entsprechender Software, werden in diesem Beruf gefordert.

Im Berufsleben arbeiten sie in der Reparatur und Wartung, unter Umständen auch in Entwicklungsabteilungen. Die Berufsausbildung dauert dreieinhalb Jahre und schließt mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer ab.

Seit unserem Engagement in diesem Bereich haben bei uns 38 junge Menschen eine Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen (fünf Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme, eine Informatikkauffrau und 32 Fachinformatiker/-innen, Fachrichtung Systemintegration). Die aktuellen Auszubildenden sind:

Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Aaron Jay Flinn
- Matthias Sürig

Fachinformatiker/-innen – Fachrichtung Systemintegration:

- Björn Drüke

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

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

### Specialised computer scientist, subject field system integration

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

before the Chamber of Commerce and Industry (IHK).

### Electronics technician for devices and systems

Electronics technician for devices and systems produce components and devices for information technology or communication technology applications, for example. They put the systems and devices into operation as well as maintain them. This occupation requires IT competences, such as the ability to install and configure IT systems or select and apply the appropriate software.

Their professional careers are in the fields of manufacturing, testing and quality control, maintenance and repair, or even in the field of design and development. This vocational training lasts 3 ½ years and ends with an examination before the Chamber of Commerce and Industry.

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

Electronics technician for devices and systems:

- Aaron Jay Flinn
- Matthias Sürig

Computer scientist, subject area system integration:

- Björn Drüke

## Was wurde aus unseren Alumni?

1.

### Dr. Felix Mohr

**Forschung:** Universidad de la Sabana, Kolumbien

Felix Mohr ist seit August 2019 Professor an der Universidad de La Sabana in Chía, Kolumbien. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich stochastischer Suchverfahren sowie im Bereich des Automatisierten Maschinellen Lernens. Daneben betreut er praktische Projekte, bei denen diese Techniken zum Einsatz kommen. *Promotion 2016 bei Prof. Hüllermeier an der Universität Paderborn*

2.

### Dr.-Ing. Viktor Just

**Unternehmen:** WP BakeryGroup  
WP Digital, Rietberg

Viktor Just ist Entwicklungsingenieur für Digitalisierung der neu gegründeten Gruppe WP Digital der WP BakeryGroup. Dort arbeitet er an der Weiterentwicklung von IoT- und I4.0-Themen für die Maschinen und Anlagen zur industriellen Kleinbäckereiproduktion. *Promotion 2014 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*

3.

### Julian Hentze

**Unternehmen:** Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG, Bielefeld

Julian Hentze ist Senior Technology Engineer in der Internationalen Produktion im Bereich „Operational Excellence“. Dort arbeitet er an der strategischen Weiterentwicklung und Implementierung von Produktionssystemen und -technologien für die internationalen Produktionswerke. *Promotion geplant 2021 bei Prof. Gräßler an der Universität Paderborn*

4.

### Dr. Olaf Bonorden

**Unternehmen:** McAfee Germany GmbH  
Paderborn

Olaf Bonorden ist Principal Engineer bei McAfee. Er begann als Software Entwickler im Bereich Web Protection und ist dort seit einigen Jahren als Architekt verantwortlich für die Weiterentwicklung zu einer vollständig cloudbasierten Lösung. *Promotion 2008 bei Prof. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn*



5.

### Dr. Christopher Gerking

**Forschung:** Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Christopher Gerking ist Postdoc am Lehrstuhl für „Software Design and Quality“ des KIT unter der Leitung von Professor Ralf Reussner. Er forscht im Rahmen des Kompetenzzentrums für Angewandte Sicherheitstechnologie (KASTEL) und ist darüber hinaus in die Lehre im Bereich Softwaretechnik involviert.

*Promotion 2020 bei Prof. Bodden an der Universität Paderborn*



6.

### Marvin Drewel

**Unternehmen:** Miele & Cie. KG

Marvin Drewel ist technischer Assistent des Leiters der Business Unit Laundry bei der Miele & Cie. KG. Dort übernimmt er Verantwortung in operativen und strategischen Projekten in der Produkt- und Marktentwicklung. Darüber hinaus befasst er sich mit der Fabrikplanung, um langfristig neue Marktsegmente zu erschließen. *Promotion geplant 2021 bei Prof. Gausemeier an der Universität Paderborn*



## Our graduates' careers



1.

### **Dr. Felix Mohr**

**Research:** Universidad de la Sabana, Colombia

Since August 2019, Felix Mohr has been working as a professor at Universidad de La Sabana in Chía, Colombia. His research focuses on methods for stochastic tree search as well as Automated Machine Learning. In addition, he supervises projects in which these techniques are applied to solve practical problems.

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

2.

### **Dr.-Ing. Viktor Just**

**Company:** WP BakeryGroup

WP Digital, Rietberg

Viktor Just works as a development engineer for digitalisation at the newly founded group WP Digital within the WP BakeryGroup. There, he is responsible for the further development of IoT and I4.0 topics on machines and systems for industrial bakery products.

*Graduated in 2014 with Prof. Trächtler at Paderborn University*

3.

### **Julian Hentze**

**Company:** Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG, Bielefeld

Julian Hentze is a Senior Technology Engineer in International Production in the area of "Operational Excellence". He works on the strategic development and implementation of production systems and technologies for international production plants.

*Graduation planned for 2021 with Prof. Gräßler at Paderborn University*

4.

### **Dr. Olaf Bonorden**

**Company:** McAfee Germany GmbH Paderborn

Olaf Bonorden is Principal Engineer at McAfee. He started as a software developer in the field of web protection and is responsible as an architect for the enhancement to a fully cloud-based solution. *Graduation 2008 with Prof. Meyer auf der Heide at Paderborn University*

5.

### **Dr. Christopher Gerking**

**Research:** Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Christopher Gerking is a postdoc at the KIT chair for "Software Design and Quality" headed by Professor Ralf Reussner. He conducts research within the Competence Centre for Applied Security Technology (KASTEL) and is also involved in teaching activities in the field of software engineering.

*Graduated in 2020 with Prof. Bodden at Paderborn University*

6.

### **Marvin Drewel**

**Company:** Miele & Cie. KG

Marvin Drewel is technical assistant to the head of the business unit laundry at Miele & Cie. KG. He works in operational and strategic projects in product and market development. In addition, he is involved in factory planning to open up new market segments in the long term.

*Graduation planned for 2021 with Prof. Gausemeier at Paderborn University*



---

## Portraits der Fachgruppen

---



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

### Fachgruppen des Instituts

#### **Softwaretechnik**

**Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme**

Prof. Dr. Eric Bodden

#### **Advanced Systems Engineering**

**Strategische Planung und Systems Engineering**

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

#### **Behavioral Economic Engineering and Responsible Management**

**Verhaltensökonomie und Verantwortung**

Prof. Dr. René Fahr

#### **Produktentstehung**

**Systematisch und effizient Geschäftschancen der Zukunft erschließen**

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

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

**Von Daten zu Wissen und intelligenten Systemen**

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

#### **Algorithmen und Komplexität**

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

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

#### **Schaltungstechnik**

**Integrierte 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

#### **Advanced Systems Engineering**

**Strategic Planning and Systems Engineering**

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

#### **Behavioral Economic Engineering and Responsible Management**

**Behavioural economics and responsibility**

Prof. Dr. René Fahr

#### **Product Creation**

**Systematically and efficiently unlocking future business opportunities**

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

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

**From data to knowledge and intelligent systems**

Prof. Dr. rer. nat. Eyke Hüllermeier

#### **Algorithms and Complexity**

**High performance = Innovative computer systems**

**+ Efficient algorithms**

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

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

**Integrated circuits for ultra-fast communication and sensors**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

#### **Control Engineering and Mechatronics**

**Design, control and optimisation of intelligent mechatronic systems**

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

#### **Associated Workgroup**

#### **Philosophy of Science and Technology**

**Reflecting on science and technology**

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

---

# Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme

Prof. Dr. Eric Bodden

---

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

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



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



---

## Safety and security for software-intensive systems

Prof. Dr. Eric Bodden

---

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

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



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



---

## Fachgruppe Softwaretechnik

---

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

Die Fachgruppe „Softwaretechnik“ erforscht, entwickelt und bewertet Methoden und Werkzeuge, um Softwaresysteme von Grund auf sicher zu gestalten. In vielen im Einsatz befindlichen Softwareentwicklungsprozessen wird die Sicherheit von Softwaresystemen leider immer noch als nebensächlich behandelt. Infolgedessen werden Sicherheitsaspekte oft erst zu spät berücksichtigt, zu einem Zeitpunkt, in dem eine korrekte Absicherung des Systems schnell teuer wird. Die Folgen sind oft desaströs und der Auslöser für die heute vielfach beobachteten Datenlecks und anderen Sicherheitsvorfälle. Solche Vorfälle kosten die betroffenen Unternehmen letztendlich ihren Ruf und einen signifikanten Teil ihres Erlöses, von den eigentlichen Problemen, die durch Datendiebstahl entstehen, ganz abgesehen.

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

Unsere Arbeit umfasst u. a. folgende Forschungsthemen:

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

Im Jahr 2020 promovierte Stefan Krüger im Rahmen des Sonderforschungsbereichs CROSSING der TU Darmstadt mit Auszeichnung zum Thema sicherer kryptografischer Integrationen in Softwareapplikationen. Der von ihm entwickelte und im Open-Source-Tool Eclipse CogniCrypt ([www.cognicrypt.de](http://www.cognicrypt.de)) implementierte Ansatz ermöglicht es Entwicklern, die kryptografische Schnittstellen in ihren Applikationen nutzen möchten, hierfür vollautomatisch beweisbar sicheren Programmcode zu generieren und auch die Langzeitsicherheit dieses Codes über eine automatische Programmanalyse sicherzustellen. CogniCrypt ist bereits bei mehreren Unternehmen im regelmäßigen Einsatz.

Im April des Jahres stand außerdem für das Heinz Nixdorf Institut und das Fraunhofer IEM die gemeinsame Ausgründung CodeShield ([www.codeshield.de](http://www.codeshield.de)) im Vordergrund. Unter Führung von Johannes Späth, Manuel Benz und Andreas Dann entsteht bei CodeShield ein automatisiertes Werkzeug zur Codeanalyse insbesondere sogenannter Serverless-Applications. Dies sind stark verteilte Anwendungen, deren einzelne Bausteine bei Cloud Providern gehostet werden. CodeShield ermöglicht es, in diesen Applikationen unerwünschte Datenflüsse sowie bekannte Schwachstellen in Komponenten Dritter aufzuspüren. Aktuell wird das Startup durch ein Projekt im Rahmen des Programms Startup.NRW gefördert.

---

## Workgroup Software Engineering

---

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

The “Software Engineering” workgroup researches, develops and evaluates methods and tools designed to make software systems secure from the ground up. Unfortunately, many software development processes currently in use still treat software system security as incidental. This means that security aspects are often examined at 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 security requirements from a holistic perspective and then compare them with attack models and threat levels. In a second step, these requirements are compared with concrete implementation in program code. At this point, we primarily employ automatic code analysis tools which can, for example, apply the techniques of static or dynamic analysis, but we also make use of tools to generate demonstrably secure program code from abstract, partly human-readable specifications.

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

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

In 2020, Stefan Krüger obtained his doctorate with distinction in the context of the Collaborative Research Center CROSSING of the TU Darmstadt on the topic of secure cryptographic integrations in software applications. The approach developed by him and implemented in the open-source tool Eclipse CogniCrypt ([www.cognicrypt.de](http://www.cognicrypt.de)) enables developers who want to use cryptographic interfaces in their applications to generate secure program code in a fully automatic way and to ensure the long-term security of this code by means of automatic program analysis. CogniCrypt is already in regular use at several companies.

In April 2020, Heinz Nixdorf Institute and Fraunhofer IEM also focused on the joint spin-off CodeShield ([www.codeshield.de](http://www.codeshield.de)). Under the leadership of Johannes Späth, Manuel Benz and Andreas Dann, CodeShield is an automated tool for code analysis, especially of so-called serverless applications. These are highly distributed applications whose individual components are hosted by cloud providers. CodeShield makes it possible to detect undesired data flows in these applications as well as known vulnerabilities in third-party components. Currently, the startup is supported by a project within the Startup.NRW program.



Team der Fachgruppe „Softwaretechnik“  
Team of the “Software Engineering” workgroup

## IFIP workgroup „Software Implementation Technology“

### Professor Eric Bodden als volles Mitglied gewählt

Die International Federation for Information Processing (IFIP) ist eine internationale Informatikorganisation, die 1960 unter der Schirmherrschaft der UNESCO gegründet wurde. Sie richtet u. a. verschiedene renommierte internationale Konferenzen aus, unterhält aber auch eine Reihe von themenspezifischen Arbeitsgruppen.

Im Frühjahr 2020 wurde Professor Eric Bodden nun nach mehrjähriger Gastmitgliedschaft als volles Mitglied in die Arbeitsgruppe 2.4 „Software Implementation Technology“ aufgenommen. Innerhalb dieser Gruppe trafen sich in den vergangenen Jahrzehnten ungefähr 50 der weltweit führenden Wissenschaftler/innen aus den Bereichen Softwaretechnik und Programmiersprachen zu einem wissenschaftlichen Austausch. Die persönlichen Treffen fanden ca. alle acht Monate statt und liefen über fünf Tage, was den Mitgliedern der Gruppe die Möglichkeit eines regen fachlichen, aber auch persönlichen Austauschs gab. Die Treffen wurden regelmäßig von einem der Mitglieder organisiert und führten somit die Gruppe um die Welt. Vergangene Treffen fanden bspw. nicht nur in Deutschland oder den USA, sondern auch in Südafrika, Neuseeland und Kanada statt.

„Die Workshops sind in der Tat sehr intensiv. Sie bieten für mich immer die Gelegenheit, mich mit den führenden Kolleginnen und Kollegen auf meinem Feld ungestört über mehrere Tage hinweg über tief technische Probleme auszutauschen. Wann hat man hierzu sonst schon die Gelegenheit? Umso mehr freut es mich, als Vollmitglied diesem auserwählten Kreis nun auch dauerhaft anzugehören“, so Bodden. Aber auch die persönliche Komponente ist wichtig, betont er: „Eine Probe lokaler Weine und anderer Spezialitäten gehört eigentlich fest zum Rahmenprogramm, in dem auch immer Wert darauf gelegt wird, dass die Teilnehmer Land und Leute kennenlernen – für mich eine unglaubliche persönliche Bereicherung.“

Im Rahmen der zunehmenden Bedrohungen durch den Klimawandel und natürlich auch die Corona-Krise erfindet die Working Group sich jedoch gerade neu. „Wir versuchen derzeit verschiedene Online-Formate, möchten als Nächstes ein Flipped-Classroom-Modell ausprobieren, indem wir vor einem Treffen schon Vortragsaufzeichnungen austauschen und dann

im virtuellen Treffen nur noch darüber diskutieren. Dies kann leider den persönlichen Kontakt nicht ansatzweise ersetzen, könnte aber mittel- und vielleicht auch langfristig leider die einzig vertretbare Lösung sein“, so Bodden.

Der Aufgabenbereich der Arbeitsgruppe umfasst unter anderem die folgenden Problembereiche:

- Das Verhältnis von Sprachentwurf zu Systemaufbau, -pflege und -erweiterung
- Software-Portabilität und -Wiederverwendbarkeit sowie die Frage, wie diese am besten mit neuen Techniken wie Java und XML erreicht werden können
- Kompilierungstechniken von der Analyse bis zur Codegenerierung und -optimierung
- Erfahrung in der Verwendung von Sprachen zur Erstellung von Systemsoftware
- Software- und Hardware-Umgebungen zur Erleichterung des Entwurfs, der Konstruktion und der Wartung großer Softwaresysteme
- Der Einfluss von verteilter Technologie, Internet und Parallelität auf den Entwurf, die Wartung und die Effizienz von Systemsoftware

Der besondere Schwerpunkt der Gruppe liegt auf den pragmatischen ingenieurwissenschaftlichen Aspekten des Problems: Messungen, Bewertung, kritische Vergleiche und Entwicklung wirtschaftlich tragfähiger Techniken. Als die Gruppe ursprünglich ins Leben gerufen wurde, hatte sie den Auftrag, die Systemimplementierungssprachen zu untersuchen. Im Laufe der Zeit haben sich die Interessen der Gruppe weiterentwickelt, und 1999 wurde beschlossen, den Namen der Arbeitsgruppe in Software-Implementierungstechnologie zu ändern, um diese Änderung deutlich zu machen.



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

---

## IFIP workgroup Software Implementation Technology

### Professor Eric Bodden elected full member

---

The International Federation for Information Processing (IFIP) is an international computer science organisation founded in 1960 under the auspices of UNESCO. Among other things, it organises various renowned international conferences, but also maintains a number of working groups on specific topics.

In spring 2020, after several years of guest membership, Professor Eric Bodden was accepted as a full member of the 2.4 “Software Implementation Technology” workgroup. Within this group, about 50 of the world's leading scientists in the fields of software technology and programming languages have met for a scientific exchange in recent decades. The personal meetings took place about every 8 months and lasted for 5 days, which gave the members of the group the possibility of a lively professional but also personal exchange. The meetings were regularly organised by one of the members and thus took the group around the world. Past meetings took place not only in Germany or the US but also in South Africa, New Zealand and Canada.



Prof. Eric Bodden

“The workshops are indeed very intensive. They always give me the opportunity to discuss deeply technical problems with the leading colleagues in my field, undisturbed over several days. When else do you have the opportunity to do this? I am all the more pleased to be a full member of this exclusive group on a permanent basis now,” says Bodden. But the personal component is also important, he emphasises: “A tasting of local wines and other specialities is actually a fixed part of the supporting programme, in which it is always valued that the participants get to know the country and its people – for me it is an incredible personal enrichment.”

However, in the context of the increasing threats posed by climate change and, of course, the COVID-19 crisis, the Wor-



**Prof. Eric Bodden**

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

Phone: +49 5251 | 60 65 63

---

king Group is currently reinventing itself. “We are currently trying out various online formats, and next we would like to try out a flipped classroom model, where we exchange lecture recordings before a meeting and then just discuss them in the virtual meeting. Unfortunately, this cannot replace personal contact to any extent, but in the medium and perhaps in the long term, it could unfortunately be the only acceptable solution,” says Bodden.

The scope of the working group includes, but is not limited to, the following areas of concern:

- The relationship of language design to system construction, maintenance and enhancement.
- Software portability and reusability, and how they can best be achieved using new techniques such as Java and XML.
- Compilation techniques from analysis to code generation and optimisation.
- Experience in the use of languages for building system software.
- Software and hardware environments to facilitate the design, construction and maintenance of large software systems.
- The influence of distributed technology, the Internet and parallelism on the design, maintenance and efficiency of system software.

The particular focus of the group is on the pragmatic engineering aspects of the problem: measurements, evaluation, critical comparisons and development of economically viable techniques. When originally created, the mandate of the group was to investigate System Implementation Languages. Over time, the interests of the group have evolved, and in 1999, it was decided to change the working group name to Software Implementation Technology to make this change explicit.

---

## Corona-Warn-App

### Hilfe zur Bekämpfung der COVID-19-Pandemie

---

Im Kampf gegen das Corona-Virus hat die Bundesregierung die Corona-Warn-App entwickelt. Sie soll dabei helfen, Personen, die Begegnungen mit einer mit COVID-19 infizierten Person hatten, schnellstmöglich über die Begegnung zu informieren, Infektionsketten frühzeitig zu unterbrechen und somit weitere Infektionen zu verhindern.

Die Corona-Warn-App wurde von der Deutschen Telekom und dem Software-Konzern SAP entwickelt. Die Unternehmen wurden dabei von der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Helmholtz-Zentrum CISA beraten. Die Warn-App beruht auf dem Konzept der dezentralen Datenverwaltung. Demnach werden Daten nicht auf einem zentralen Server zusammengeführt, sondern lokal auf den Smartphones der Nutzer gespeichert. „Zuvor hatte die Bundesregierung ein zentrales Design bevorzugt. Dieses hätte den Vorteil gehabt, dass dem Robert Koch-Institut die Auswertung anonymer Infektionsdaten erleichtert worden wäre. Ebenso hätte man die Risikobewertung, die bestimmt, ob einzelne Personen sich wirklich in Quarantäne begeben sollen, einfacher aufgrund der Datenlage dynamisch anpassen können. Ein solch zentraler Ansatz birgt jedoch die theoretische Gefahr, dass das Robert Koch-Institut als Betreiber der App in Zusammenarbeit mit anderen Bundesbehörden die Daten de-anonymisieren und somit personalisierte Nutzerprofile erstellen könnte. Ob dies realistisch wäre oder nicht, darüber gab und gibt es in der Security-Community durchaus geteilte Meinungen. Aufgrund zahlreicher Proteste von Datenschützern hat man sich jedoch dazu entschieden, stattdessen den dezentralen Ansatz zu verfolgen“, erklärt Bodden.

Damit die Corona-Warn-App auf Smartphones funktioniert, entwickelten die Unternehmen Google und Apple gemeinsam eine Technologie, mit der erkannt werden soll, auf welche Entfernung und über welchen Zeitraum hinweg sich Personen begegnet sind. Ein Austausch der anonymen ID-Schlüssel soll nur erfolgen, wenn sich zwei oder mehrere Personen so nahekommen, dass das Risiko einer Virusübertragung als sehr wahrscheinlich gilt. Hierbei kommen neu geschaffene Schnittstellen in den Smartphone-Betriebssystemen Android und iOS zum Einsatz. Diese generieren speziell verschlüsselte und nur temporär gültige IDs, die auch nur im Infektionsfall entschlüs-

selt und somit für einen dezentralen Abgleich genutzt werden können. Dadurch scheint ein breit angelegtes Tracking nach aktuellem Stand der Technik realistischere unmöglich.

Ob und inwieweit sich Personen nahegekommen sind, wird über die Signalstärke des Bluetooth-Signals ermittelt. Allerdings könnte die Signalstärke aufgrund verschiedener physischer Bedingungen in die Irre führen. So könnte sie z. B. hoch sein, weil zwei Personen nebeneinandersitzen, obwohl sie durch eine Scheibe voneinander getrennt sind. Ob die App falsche Warnungen in solchen Situationen verhindern kann, werden aktuelle Tests zeigen.

Wurde nun eine Infektion festgestellt, kann man dies auf freiwilliger Basis in der App melden. Um einen Missbrauch der App zu vermeiden, erfolgt die Meldung einer Infizierung nur mit einem positiven Testergebnis, welches von einem Gesundheitsamt bestätigt wird. Die Nutzerinnen und Nutzer der App müssen regelmäßig prüfen, ob sie in der Vergangenheit Kontakt zu einer infizierten Person hatten. Dazu müssen sie die Daten aktiv von dem Server abrufen, da der Abgleich ausschließlich auf den Smartphones der Nutzer erfolgt.

„Wir haben uns auch diese App angeschaut. Sie ist sehr solide programmiert. Es ist beachtlich, was das Konsortium in so kurzer Zeit geleistet hat. Mit der Software CodeShield aus unserem gleichnamigen Startup konnten wir tatsächlich eine potenzielle Sicherheitslücke identifizieren, diese wurde jedoch durch die SAP rasch behoben“, erklärt Bodden. Dies zeigt einmal mehr, wie wichtig die Forschungsergebnisse des Heinz Nixdorf Instituts für die Praxis sind.



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

---

---

## Corona warning app

### Assistance to combat the COVID-19 pandemic

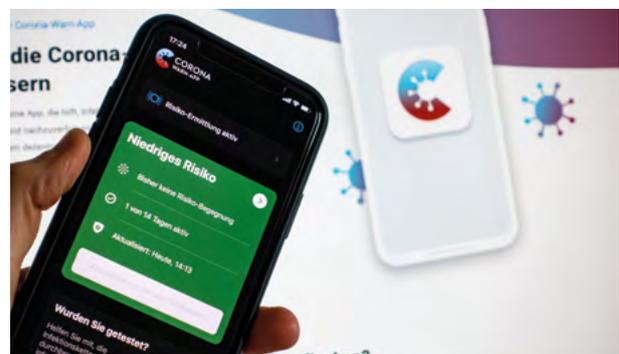
---

In the fight against COVID-19, the German government has developed the Corona Warning App. It is intended to help people who have had encounters with a person infected with COVID-19 to be informed as quickly as possible, to interrupt the chains of infection at an early stage and thereby prevent further infections.

The Corona-Warn-App was developed by Deutsche Telekom and the software company SAP. The companies were advised by the Fraunhofer-Gesellschaft and the Helmholtz Centre CISPA. The warning app is based on the concept of decentralised data management. According to this concept, data is not consolidated on a central server but rather stored locally on the smartphones of the users. “Previously, the German government had preferred a centralised design. This would have had the advantage of making it easier for the Robert Koch Institute to evaluate anonymous infection data. It would also have made it easier to dynamically adjust the risk assessment, which determines whether individual persons should really be quarantined, based on the data available. However, such a centralised approach carries the theoretical risk that the Robert Koch Institute, as the operator of the app, could de-anonymise the data in cooperation with other federal authorities and thus create personalised user profiles. Whether this would be realistic or not, there have been and still are divided opinions in the security community. However, due to numerous protests from data protectionists, it was decided to pursue the decentralised approach instead,” explains Bodden.

In order for the app to work on smartphones, the companies Google and Apple jointly developed a technology which is designed to recognise at what distance and over what period of time people have encountered each other. Anonymous ID keys should only be exchanged if some people come so close that the risk of virus transmission is considered very probable. For this purpose, newly created interfaces in the smartphone operating systems Android and iOS will be used. These generate specially encrypted and only temporarily valid IDs, which can only be decrypted in case of infection and thus be used for decentralised matching. This makes broad-based tracking according to the current state of technology seem realistically impossible.

Whether and to what extent people have come close to each other is determined by the signal strength of the Bluetooth signal. However, the signal strength could be misleading due to various physical conditions. For example, it could be high



Corona-Warn-App  
Corona warning app

because two people are sitting next to each other even though they are separated by a glass pane. Recent tests will show whether the app can prevent false warnings in such situations.

If an infection is detected, this can be reported in the app on a voluntary basis. To avoid misuse of the app, an infection can only be reported if the test result is positive and confirmed by a health authority. Users must regularly check whether they have had contact with an infected person in the past. To do so, they must actively retrieve the data from the server, as the matching process is carried out exclusively on the users' smartphones.

“We have also looked at this app. It is very solidly programmed. It is remarkable what the consortium has achieved in such a short time. With the CodeShield software from our start-up of the same name, we were indeed able to identify a potential security gap, but this was quickly remedied by SAP”, explains Bodden. This shows once again how important the research results of the Heinz Nixdorf Institute are for practical applications.



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

---

---

## Phasar

### Neue Codeanalyse-Technologien für C/C++ kurz vor der Veröffentlichung

---

Die Programmiersprache C ist bereits fast 50 Jahre alt, ist jedoch die Sprache, die bei vielerlei eingebetteten Systemen und IoT-Geräten meist noch am ehesten durch Compiler für diese Systeme unterstützt wird. Entsprechend erfreut sich C seit bereits gut zehn Jahren wieder steigender Beliebtheit, steht beispielsweise im bekannten TIOBE Index seit diesem Jahr wieder unangefochten auf Platz 1, noch vor Java und Python.

Im Rahmen des SFB 901 entwickelt das Fachgebiet Softwaretechnik unter der Federführung von Philipp Schubert in weiser Vorausschau schon seit einigen Jahren das Programmanalyse-Rahmenwerk Phasar. Dieses erweitert das u. a. von Google und Apple mitentwickelte Open-Source Compiler-Framework LLVM um Möglichkeiten der effizienten und präzisen statischen Programmanalyse.

„Phasar ist unter der sehr offenen MIT-Lizenz verfügbar, was es auch für Unternehmen attraktiv macht. Entsprechend findet das Projekt viel Zuspruch, aber sogar auch Unterstützung aus dem industriellen Umfeld, was uns sehr freut“, so Schubert. In 2021 strebt das Fachgebiet in diesem Bereich sogar ein mehrjähriges Industrieprojekt mit einem weltweit führenden Unternehmen der Telekommunikationsbranche an, aber auch kleinere Projekte mit Partnern aus OWL.

„Für das kommende Jahr erwarten wir aber auch den Abschluss einiger spannender Neuerungen in Phasar, die wirklich eine Reihe technischer Innovationen enthalten. Wir bereiten gerade entsprechende Publikationen in dieser Richtung vor.“ So soll Phasar beispielsweise in die Lage versetzt werden, ganze C-Projekte zu analysieren, die Präprozessordirektiven, sogenannte `#ifdefs`, enthalten. Diese kodieren in ein und derselben Codebasis eine ganze Reihe verschiedener Softwarevarianten oder -produkte. Solche Projekte werden daher auch Software-Produktlinien genannt. „Bisherige Werkzeuge sind immer nur in der Lage, einzelne Produkte zu generieren und zu analysieren, sodass man leider nie etwas über den Zustand der Produktlinie als Ganzes aussagen kann“, so Professor Eric Bodden, Leiter der Fachgruppe „Softwaretechnik“, „Mit unserer Erweiterung wird aber nun erstmals genau das möglich: Wir können bspw. nun im Vorhinein bestimmen, ob ein Softwareprodukt eine Sicherheitslücke enthielte, wenn man sie denn aus der Produktlinie heraus erzeugen und in den Einsatz bringen würde. Hierdurch können Probleme viel früher als bisher und daher kostengünstiger behoben werden.“

Weitere Veröffentlichungen im Kontext von Phasar plant die Fachgruppe bzgl. einer präziseren Pointer-Analyse für C und C++ sowie in Bezug auf die Versionierung von Analyseinformationen: „Unser Ziel ist, dass, wenn Sie als Entwickler/in in Zukunft Ihr Projekt aus einem Source-Code-Repository auschecken, die Analyseinformationen für diese Codeversion schon direkt mit hinterlegt und für Sie darstellbar sind, ohne jegliche Wartezeit!“, so Bodden. Synergien ergeben sich außerdem mit dem neuen Projekt IntelliSecTest am Fraunhofer IEM. Dieses von Fraunhofer selbst über drei Jahre geförderte Vorlauforschungsprojekt hat es zum Ziel, auf der Basis von Phasar und anderen Werkzeugen ein intelligentes Fuzzing-Werkzeug zu entwickeln. Ein solches Werkzeug erlaubt in Zukunft eine weitgehende Automatisierung von Security-Testing sicherheitskritischen C-Codes. Potenzielle Sicherheitslücken und kritische Code-Passagen sollen damit auch für Entwickler/innen zugänglicher gemacht werden.



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

---

---

## Phasar

### New code analysis technologies for C/C++ to be released soon

---



While the C programming language is almost 50 years old, it is still the programming language that is most likely to be supported by compilers for many embedded systems and IoT devices. Therefore, C has been enjoying increasing popularity again for a good 10 years now, and, since 2020, is the undisputed number 1 in the well-known TIOBE index again, ahead of Java and Python.

With great foresightedness, the “Software Engineering” workgroup has been developing Phasar a static program analysis framework for several years now. The project is led by Philipp Schubert within the CRC 901. Phasar extends the popular open-source compiler framework LLVM, which is heavily backed by Google and Apple, and allows for effective and precise static program analysis.

“Phasar is available under the permissive MIT licence, which makes it very attractive not only for research but also for companies. The project has become very popular and even receives support from industry, which makes us very happy.”, says Schubert. In 2021, the department is aiming for a multiannual industrial project with one of the world leaders of the telecommunications industry, but also smaller projects with local partners from the area of OWL.

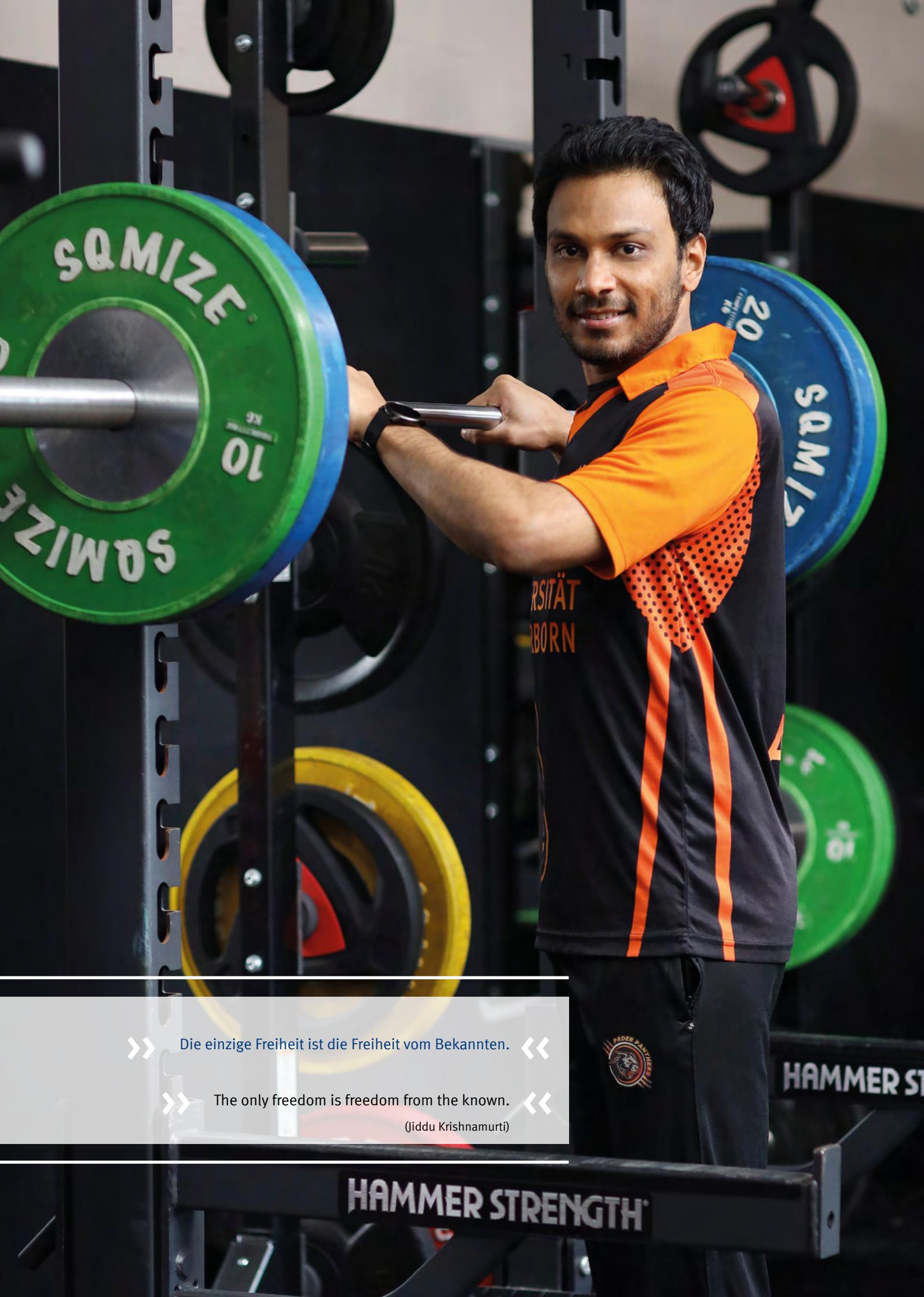
“For the upcoming year, we also expect to see the completion of some new and exciting developments in Phasar, which comprise a number of technical novelties. We are currently working on corresponding publications in this direction”. Phasar, for instance, will be able to analyse entire C projects that comprise preprocessor directives, so-called `#ifdefs`. Preprocessor directives are used to encode a whole range of different software variants or products in a common code base. Such projects are, therefore, also called software product lines. “Previous tools were only able to generate and analyse individual software products. Unfortunately, that prevents us from making any useful statements on software product lines as a whole”, says Professor Eric Bodden, head of the “Software Engineering” workgroup. “But with our extension, that is exactly what we are able to do for the first time: we can now determine in advance whether a concrete software product contains a security vulnerability, if it would be derived from its corresponding product line and deployed in production. With the help of that technology, problems can be solved much earlier than before and, therefore, more cost-effectively.”

Further publications in the context of Phasar are planned with regard to a more precise pointer analysis for C and C++ as well as with regard to the versioning of analysis information: “Our goal is that, when you as a developer check out your project from a source code repository in the future, the analysis information for this code version is directly stored along with the project and can be presented to you without any waiting times”, says Bodden. There are also synergies with the new IntelliSecTest project at Fraunhofer IEM. This preliminary research project is funded for three years by Fraunhofer itself and aims to develop an intelligent fuzzing tool based on Phasar and other analysis tools. In the future, such a tool will allow for the far-reaching automation of security testing of security-critical C codes. Potential security vulnerabilities and critical code passages will thus be made more accessible for developers.



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

---



»» Die einzige Freiheit ist die Freiheit vom Bekannten. ««

»» The only freedom is freedom from the known. ««

(Jiddu Krishnamurti)

HAMMER STRENGTH

---

## Ashwin Prasad Shivarpatna Venkatesh

M.Sc.  
Softwaretechnik

---

Mein Name ist Ashwin Prasad Shivarpatna Venkatesh. Im September 2020 kam ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter ans Heinz Nixdorf Institut, wo mein Schwerpunkt auf Softwaretechnik und statischer Analyse liegt.

Geboren und aufgewachsen bin ich in Bangalore, einer Stadt im Süden Indiens. Meinen Bachelor in Informatik machte ich 2015. Da Bangalore gewissermaßen Indiens Zentrum für Start-ups ist, hatte ich die Gelegenheit, für zweieinhalb Jahre in mehreren Start-ups Erfahrungen zu sammeln. Bei „Fracktal Works“ gehörte ich zu einem jungen Team, das 3D-Drucker herstellte. Dort war ich für die Firmware, Desktopanwendung und Cloud-entwicklung zuständig. Bei „CareVision“ wiederum haben wir ein innovatives Haussicherheitssystem von Grund auf neu entwickelt und dafür eine Kickstarter-Kampagne lanciert.

2017 führte mich mein Weg nach Paderborn, wo ich ein Masterstudium in Informatik aufnahm. Im Laufe der Jahre stieg mein Interesse an wissenschaftlicher Forschung, wobei mir insbesondere die Arbeit bei Professor Holger Karl half, die für eine akademische Laufbahn nötige Disziplin zu entwickeln.

Hier war ich Teil einer einjährigen studentischen Forschungsgruppe und veröffentlichte eine Forschungsarbeit über die Orchestrierung von Netzwerkdiensten bei der „European Conference on Networks and Communications“. Darauf aufbauend beschäftigte ich mich in meiner Masterarbeit mit der Anwendung von maschinellen Lernkonzepten bei der Netzwerk-Orchestrierung. Nach Abschluss meines Studiums zog es mich als wissenschaftlicher Mitarbeiter von Professor Eric Bodden ans Projekt KI-Marktplatz, wo ich mich innovativen Methoden zur effizienten maschinellen Lernsoftwareentwicklung widme. Vor allem geht es mir darum, Antworten auf die neuen Herausforderungen von KI/ML-Entwicklern im Bereich Softwaretechnik zu finden.

Neben meiner Arbeit treibe ich Sport. So spiele ich Cricket bei den „Pader Panthers“, einem jungen aufstrebenden Cricket-Verein der Universität Paderborn. Außerdem verbringe ich auch Zeit im Fitnessstudio beim Kraftsport. Mein nächstes Ziel ist nämlich, 150 kg beim Kreuzheben zu stemmen. Eine weitere Leidenschaft von mir ist „Klarträumen“, d. h. mir im Traum bewusst zu werden, dass ich träume. Nicht unerwähnt bleiben soll letztendlich auch meine Passion fürs Fotografieren: Ich liebe es, 360 Grad-Panoramaaufnahmen zu machen. Meine online veröffentlichten Fotos sind bereits vier Millionen Mal angesehen worden.

---

## Ashwin Prasad Shivarpatna Venkatesh

M.Sc.  
Software Engineering

---

I'm Ashwin Prasad Shivarpatna Venkatesh. I joined the Heinz Nixdorf Institute as a research associate in September 2020. Here, I focus on secure software engineering and static analysis.

I was born and raised in Bangalore, a city in the southern part of India. I completed my bachelor's degree in computer science in 2015. Since Bangalore is a startup hub of India, I had the opportunity to work in different startups for about two and a half years. At „Fracktal Works“, I was part of a young team where we manufactured 3D printers. My responsibilities included firmware, desktop application and cloud development. Furthermore, at „CareVision“, we developed an innovative home security device from scratch and promoted it in a Kickstarter campaign.

I moved to Paderborn in 2017 to pursue my master's degree in computer science. Over the years, I have realised my interest in academia, especially working in the computer network research group under Professor Holger Karl, helped me develop the discipline for an academic career.

Here, I was involved in a year-long student research group and published a research paper on network service orchestration at the „European Conference on Networks and Communications“. As an extension of this, my master's thesis focused on the application of machine learning concepts in network service orchestration. After completing my studies, I found my interest in working for the KI-Marktplatz project as a research associate under Professor Eric Bodden, where I investigate novel methods for efficient machine learning software development. I'm pivoting on finding answers to the emerging software engineering challenges faced by AI/ML developers.

Besides my work, I spend my time doing sports. I play cricket for the „PaderPanthers“ university cricket club. We are a young and emerging cricket club in NRW. I also train at a local gym where I push myself in powerlifting, my current goal is to deadlift 150 kg. Apart from this, „Lucid Dreaming“ is something I am passionate about, it is about being conscious while dreaming. I also love capturing 360 panorama photos. My photos online have obtained around 4 million views.

---

# Strategische Planung und Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

---

Die Digitalisierung gilt heute als einer der wichtigsten Veränderungstreiber für produzierende Unternehmen. Mit Advanced Systems Engineering erarbeiten wir fachübergreifende Lösungsansätze, um auftretende Herausforderungen bestmöglich zu meistern. Unsere Schwerpunkte gliedern sich dabei in die Bereiche Strategische Planung und Systems Engineering.

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



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

 **acatech**

MITGLIED VON

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



---

# Strategic Planning and Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

---

Today, digitisation is considered as one of the most important drivers of change for manufacturing companies. With Advanced Systems Engineering, we develop cross-disciplinary solutions in order to master emerging challenges in the best possible way. Our focus areas are Strategic Planning and Systems Engineering.

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

Phone: +49 5251 | 60 62 55



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

 **acatech**

MEMBER OF GERMAN ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING



## Fachgruppe Advanced Systems Engineering

Mehr denn je gilt die Digitalisierung in der heutigen Zeit als herausragender Veränderungstreiber. Die technologischen Entwicklungen eröffnen faszinierende Nutzenpotenziale für die Industrie. Gleichwohl verändert die Digitalisierung die Marktleistungen von morgen sowie die Art und Weise, wie diese entwickelt werden. Klassische Entwicklungsmethodiken stoßen bei der Entwicklung zukunftsfähiger Systeme schnell an ihre Grenzen.

Advanced Systems Engineering hat das Potenzial, eine fundierte Basis für eine ganzheitliche Produktentstehungsmethodik im Zeitalter der Digitalisierung zu bilden. Dabei gilt es, die vier Hauptaufgaben der Produktentstehung – Strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung eng aufeinander abzustimmen. Unsere Forschungsschwerpunkte gliedern sich in die beiden Bereiche Strategische Planung und Systems Engineering.

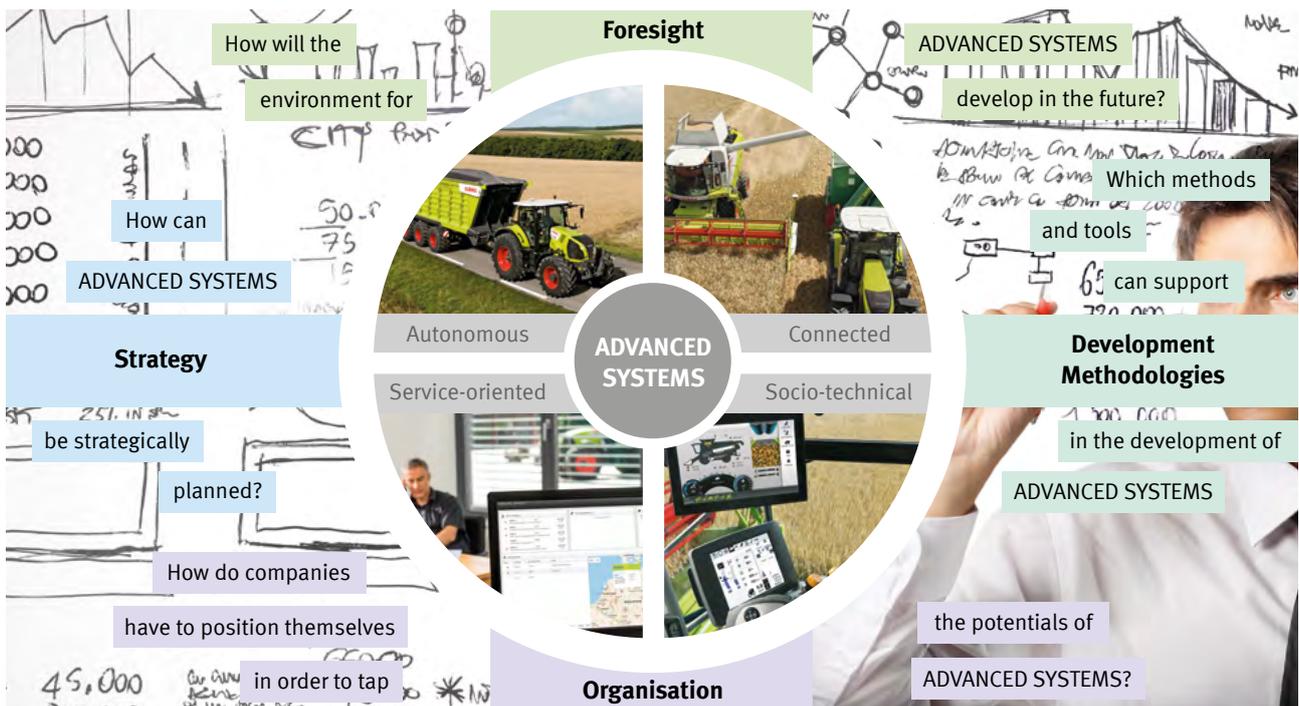
### Strategische Planung

Ziel der strategischen Planung ist die vorteilhafte Positionierung des Unternehmens im Wettbewerb von morgen und der damit verbundene nachhaltige Erfolg. Dieser wird durch die Anwendung des 4-Ebenen-Modells zur zukunftsorientierten

Unternehmensgestaltung sichergestellt. Mithilfe der vier Betrachtungsebenen Vorausschau, Strategien, Prozesse und Systeme gelingt die Sicherstellung der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung.

### Systems Engineering

Systems Engineering versteht sich als durchgängiger, fachdisziplinübergreifender Ansatz zur Entwicklung dynamischer Systeme. Es stellt das multidisziplinäre System in den Mittelpunkt und umfasst die Gesamtheit aller Entwicklungsaktivitäten. Systems Engineering erhebt den Anspruch, die Akteure in der Entwicklung komplexer Systeme zu orchestrieren. Dazu integriert es die Systemgestaltung und das Projektmanagement.



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

---

## Workgroup Advanced Systems Engineering

---

Digitalisation is considered as one of the key drivers for manufacturing companies today. Advanced Systems Engineering develops interdisciplinary solutions in order to master any challenges in the best possible way. Our research focus is, therefore, divided into the two areas of Strategic Planning and Systems Engineering.

Advanced Systems Engineering has the potential to a sound basis for a mandatory holistic product development methodology in the age of digitalisation. At the same time, the four main tasks of product development – strategic product planning, product development, service development and production system development – have to be closely coordinated and promoted cross-disciplinarily.

The so-called Advanced Systems have four characteristics:

- 1) **Autonomy:** Autonomous machines and systems also solve complex tasks without human assistance.
- 2) **Dynamic networking:** Through the increasing degree of connectivity of systems new, more complex systems will result.
- 3) **Socio-technical interaction:** Interaction will become increasingly multimodal and will be based on new technologies.
- 4) **Product service systems:** In the context of digitisation, market services and business models are changing due to an increasing amount of data-based services.

In order to meet the challenges posed by the development of Advanced Systems, our research focuses are divided into two areas: Strategic Planning and Systems Engineering.

### **Strategic planning**

Strategic planning and innovation management have as their goal the advantageous positioning of the company in tomorrow's competition and the associated sustainable success. This is ensured by applying the 4-level model for future-oriented corporate design. With the four levels of consideration foresight, strategies, processes and systems, the systematic advantageous positioning of the company in the competition succeeds.

### **Systems engineering**

Systems Engineering sees itself as a consistent, interdisciplinary approach to the development of dynamic systems. It focuses on the multidisciplinary system and encompasses all development activities. The focus is, therefore, on interdisciplinarity and a goal-oriented, holistic approach to problems. Systems Engineering claims to orchestrate the actors in the development of complex systems. To this end, it integrates system design and project management. Through research, the "Advanced Systems Engineering" workgroup ensures a continuous update of these interdisciplinary systems.

## Industrie 4.0 ohne Stolpersteine einführen

### SORISMA – Soziotechnisches Risikomanagement bei der Einführung von Industrie 4.0

Die Einführung von Industrie 4.0 verspricht Unternehmen viele Vorteile und ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für ihre Wirtschaftlichkeit. Der Weg zur Industrie 4.0 ist jedoch häufig kompliziert und schwer zu überblicken. Das Forschungsprojekt SORISMA – „Soziotechnisches Risikomanagement bei der Einführung von Industrie 4.0“ systematisiert die Zusammenhänge der Faktoren Mensch, Technologie und Organisation im Rahmen von Industrie 4.0.

#### Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojekts SORISMA ist die Entwicklung von praxisnahen Maßnahmen und Methoden, mit denen Unternehmen die in den drei soziotechnischen Dimensionen Mensch, Technologie und Organisation entstehenden Risiken beherrschen können. Beispielsweise wird Unternehmen durch Methoden zur Risikoanalyse und -bewertung die Erarbeitung von Risikostrategien sowie die Ableitung geeigneter Maßnahmen zur Minimierung von soziotechnischen Risiken ermöglicht. Die Stolpersteine auf dem Weg zur Industrie 4.0 können durch die Unternehmen somit frühzeitig erkannt, überwunden und fortlaufend überwacht werden.



Big Picture des Forschungsprojekts SORISMA  
Big Picture of the research project SORISMA

#### Vorgehen

Das Projekt gliedert sich in fünf Querschnittsprojekte (QP). Innerhalb der Risikoanalyse (QP1) werden zunächst Industrie 4.0-Use Cases ermittelt. Diese bilden die Basis zur Ableitung von Auswirkungen auf Unternehmen innerhalb der soziotechnischen Dimensionen Mensch, Organisation und Technologie. Ferner werden soziotechnische Risiken identifiziert. In der darauffolgenden Risikobewertung (QP2) werden für die identifizierten Risiken geeignete Bewertungsverfahren und -kennzahlen erarbeitet, so dass eine Priorisierung der Risiken stattfinden kann. Anschließend werden innerhalb der Risikosteuerung (QP3) adäquate Risikostrategien entwickelt. Diese stellen die Leitlinien für den Umgang mit soziotechnischen Risiken dar

und beinhalten geeignete Maßnahmen zur Minimierung der Risiken. Die Risiküberwachung bildet das vierte Querschnittsprojekt, in dem Indikatoren und Werkzeuge für das Controlling der Risiken erarbeitet werden. In der übergreifenden Werkzeugunterstützung (QP5) werden die Projektergebnisse in Form eines Softwaretools konsolidiert.

#### Anwendungen

Bei dem Forschungsprojekt SORISMA sind vier Unternehmen beteiligt, die die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse in der Praxis anwenden werden. Zu den Unternehmen gehören BEULCO GmbH & Co. KG, westaflex Industries, thyssenkrupp Industrial Solutions AG und MIT Moderne IndustrieTechnik GmbH & Co. KG. Diese Unternehmen möchten Industrie 4.0-Use Cases unter Berücksichtigung von soziotechnischen Risiken einführen. Zu den Use Cases gehören unter anderem Smart Services und fahrerlose Transportsysteme.

#### Fördergeber

Das Forschungsprojekt SORISMA wird vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) mit rund 2,7 Millionen Euro bis Mitte 2022 gefördert.



**Ingrid Wiederkehr, M.Sc.**  
E-Mail: [Ingrid.Wiederkehr@hni.upb.de](mailto:Ingrid.Wiederkehr@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 09



Gefördert durch: Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

Projektträger: PtJ (Projektträger Jülich)

Projektpartner: Fraunhofer IEM, Fraunhofer IML, Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn, Unity AG, myview systems GmbH, BEULCO GmbH & Co. KG, MIT Moderne IndustrieTechnik GmbH & Co.KG, westaflex industries und thyssenkrupp Industrial Solutions AG



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

---

## Implement “Industrie 4.0” without barriers

### SORISMA – Socio-technical risk management for the implementation of “Industrie 4.0”

---

The implementation of “Industrie 4.0” promises companies many advantages and is an important success factor for their profitability. However, the path to “Industrie 4.0” is often complicated and difficult to survey. The research project SORISMA – “Socio-technical Risk Management for the implementation of Industry 4.0” systematises the interrelationships between the factors human, technology and organisation in the context of “Industrie 4.0”.

#### Objective

The aim of the SORISMA research project is to develop practical measures and methods that enable companies to control the risks arising in the three socio-technical dimensions of humans, technology and organisation. For example, companies will be able to use methods for risk analysis and assessment, the development of risk strategies and the derivation of suitable measures to minimise socio-technical risks. The barriers on the way to “Industrie 4.0” can thus be identified, overcome and continuously monitored by companies at an early stage.

#### Procedure

The project is divided into five cross-sectional projects (QP). Within the risk analysis (QP1), “Industrie 4.0” use cases are identified and then their impact on companies within the socio-technical dimensions of humans, organisation and technology is determined. Subsequently, socio-technical risks are identified. The Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design (IEM) is responsible for conducting QP1. The work of the subsequent risk assessment (QP2) is coordinated by the Unity AG. Suitable evaluation procedures and key figures are determined for the identified risks to be able to prioritise the risks. Adequate risk strategies are then developed within the risk management (QP3). These represent the guidelines for dealing with socio-technical risks and include suitable measures for minimising the risks. The department Advanced Systems Engineering of the Heinz Nixdorf Institute plays a leading role in this process. Risk monitoring is the fourth cross-sectional project in which indicators and tools for risk controlling are developed by the Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics (IML). In the comprehensive tool support (QP5), the project results are consolidated in the form of a software tool. This work is carried out by myview systems GmbH.

#### Applications

Four companies are involved in the SORISMA research project, which will apply the results obtained in the project in practice. The companies include BEULCO GmbH & Co. KG, westaflex industries, thyssenkrupp Industrial Solutions



**Ingrid Wiederkehr, M.Sc.**  
E-mail: [Ingrid.Wiederkehr@hni.upb.de](mailto:Ingrid.Wiederkehr@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 09



Supported by: EU European Regional Development Fund (ERDF)  
Project management: PtJ (Project Management Jülich)

Project partners: Fraunhofer IEM, Fraunhofer IML, Heinz Nixdorf Institute, Unity AG, myview systems GmbH, BEULCO GmbH & Co. KG, MIT Moderne IndustrieTechnik GmbH & Co.KG, westaflex industries and thyssenkrupp Industrial Solutions AG

---

and MIT Moderne IndustrieTechnik GmbH & Co. KG. These companies would like to introduce “Industrie 4.0”-Use Cases under consideration of the socio-technical risks. The use cases include smart services and driverless transportation systems.

#### Funding organisations

The SORISMA research project is funded by the European Regional Development Fund (ERDF) with approximately 2.7 million euros until mid-2022.

## Die Produkte von morgen in Generationen entwickeln

### Zukunftsrobuste Produktentwicklung (ZuPro)

Moderne mechatronische Produkte durchdringen alle Lebensbereiche und steigern die Lebensqualität der Menschen, z. B. durch die hygienische Reinigung von Wäsche mit einer Waschmaschine. Dabei bauen sie auf einer Reihe an Vorgängerprodukten auf und bilden ihrerseits die Basis für zukünftige Produktgenerationen. Dieser Aspekt wird in der Produktentwicklung und strategischen Planung bislang jedoch nur unzureichend abgebildet.

#### Zielsetzung

Das Ziel des Projekts ist ein Modell der zukunftsrobusten Produktentwicklung. Es soll die Abhängigkeiten zwischen strategischer Planung und Produktentwicklung über mehrere Produktgenerationen hinweg ohne Brüche beschreiben. Dabei sollen auch denkbare Umfeldentwicklungen berücksichtigt werden. Das Modell soll auf einer Ontologie basieren und Anwendungswissen in Form von Planungsmustern und Normstrategien integrieren. Den Ausgangspunkt bilden dabei das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung und das 4-Zyklen-Modell der Produktentstehung.

#### Vorgehensweise

Das Projekt gliedert sich in sieben Arbeitspakete (APs) zur Erarbeitung und Validierung der Ergebnisse. Im ersten Arbeitspaket werden die Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen der strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung analysiert. Parallel werden die relevanten Begriffe beider Betrachtungsbereiche gesammelt und in einer Ontologie für die zukunftsrobuste Produktentwicklung zusammengeführt (AP 2). Das dritte Arbeitspaket befasst sich mit der Adaption des Methodenpools der Strategischen Produktplanung und des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung. Es werden reale Entwicklungsprojekte aus der Retrospektive untersucht, um induktiv Planungsmuster aus der Praxis abzuleiten (AP 4). Für diese Planungsmuster sollen Normstrategien für den Umgang mit den jeweiligen Planungs- und Entwicklungsaufgaben bereitgestellt werden (AP 5). Im sechsten Arbeitspaket werden die Erkenntnisse der vorherigen APs in einer konsis-

tenten Systematik zur zukunftsrobusten Produktentwicklung zusammengeführt. Das letzte Arbeitspaket (AP 7) umfasst die kontinuierliche Dokumentation, Veröffentlichung und Validierung der Ergebnisse in Workshops.



Verschiedene Generationen des Porsche 911 GT3 RS stehen nebeneinander.

Different generations of the Porsche 911 GT3 RS parked side by side.

#### Bisherige Ergebnisse und Partizipationsmöglichkeiten

Der Kick-off des Projekts erfolgte im Oktober 2020. Seitdem laufen die ersten Arbeiten in den APs 1 und 2. Die entsprechenden Forschungsergebnisse werden zukünftig in Publikationen der Öffentlichkeit kommuniziert. Unternehmen haben außerdem die Möglichkeit, am Projekt zu partizipieren. Hierzu werden in Zukunft Workshops und Impulsvorträge angeboten. Ferner können interessierte Unternehmen über Interviews ihren Input beitragen.

#### Förderung

Das Projekt startete am 1. Oktober und läuft für drei Jahre. Das Vorhaben ZuPro (Projektnummer 437943992) wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Das Gesamtfördervolumen beträgt rund 600.000 Euro.



**Maurice Meyer, M.Sc.**

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

Telefon: +49 5251 | 60 62 27



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 437943992

Projektpartner: Institut für Produktentwicklung des Karlsruher Institut für Technologie, Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn

---

## Developing the products of tomorrow in generations

### Future-proof product development (ZuPro)

---

Mechatronic products permeate all areas of life and increase people's quality of life, e.g. by hygienically cleaning laundry with a washing machine. Modern mechatronic products build on a series of predecessors and in turn form the basis for future product generations. However, this aspect has not yet been adequately reflected in product development and strategic planning research.

#### Objective

The aim of the project is a model of future-proof product development. It is intended to describe the dependencies between strategic planning and product development over several product generations without breaches. Possible developments in the products' environment should also be taken into account. The model should be based on an ontology and integrate application knowledge in the form of planning patterns and standard strategies. The starting point is the model of PGE – product generation development and the 4-cycle model of product creation.

#### Approach

The project is divided into seven work packages (WPs) for the elaboration and validation of the results. In the first work package, the interrelations and interactions between strategic product planning and product development will be analysed. In parallel, the relevant terms from both areas of consideration will be collected and combined in an ontology for future-proof product development (WP 2). The third work package deals with the adaptation of the method pool of Strategic Product Planning and the model of PGE – Product Generation Development. Real development projects will be examined retrospectively in order to derive inductive planning patterns from practical experience (WP 4). For these planning patterns, standard strategies for dealing with the respective planning and development tasks will be provided (WP 5). In the sixth work package, the findings of the previous WPs will be brought together in a consistent system for future-proof product development. The last work package (WP 7) comprises the continuous documentation, publication and validation of the results in workshops.

#### Results and opportunities for participation

The kick-off of the project took place in October 2020. Since then, the first work in WP 1 and WP 2 has been ongoing. The corresponding research results will be communicated to the public in future publications. Companies will also have the opportunity to participate in the project. For this purpose,



**Maurice Meyer, M.Sc.**

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

Phone: +49 5251 | 60 62 27



Supported by: German Research Foundation (DFG) – project number 437943992

Project partners: Institute for Product Development, Karlsruhe Institute of Technology; Heinz Nixdorf Institute, Paderborn University

---

workshops and impulse lectures will be offered in the future. Furthermore, interested companies can contribute their input via interviews.

#### Funding

The project started on 1 October and will run for 3 years. The project ZuPro (project number 437943992) is funded by the German Research Foundation (DFG). The total funding volume amounts to approximately 600,000 euros.

---

## Systems Engineering (SE)

### Neue Forschungsgruppe in der Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“

---

Die Digitalisierung wandelt die Wertschöpfung und stellt Organisationen vor neue Herausforderungen. Der Wandel zu autonomen, dynamisch vernetzten und interagierenden Systemen bringt Unternehmen und Wertschöpfungssystemen neue Aufgaben. Zentrale Herausforderungen liegen in der Komplexität sowie in der Transdisziplinarität dieser Systeme. Die Gruppe „Systems Engineering“ erforscht Ansätze, um derartige komplexe Systeme zu entwickeln.

Die Digitalisierung revolutioniert die derzeitigen Marktleistungen. Dies betrifft nicht nur industrielle Anwendungen (z. B. vernetzte Produktionsanlagen), sondern auch Objekte des alltäglichen Gebrauchs (z. B. Fahrzeuge). Diese Systeme sind autonom, dynamisch vernetzt und interagieren auf natürliche Art und Weise mit ihren Benutzern. Damit manifestieren sich interdisziplinäre Systeme, die maschinenbauliche, elektronische und informationstechnische Aspekte integrieren. Derartige Systeme und ihre Entwicklung sind hochkomplex. Das Systems Engineering rückt daher in den Mittelpunkt der Forschung und Anwendung. Die Gruppe „Systems Engineering“ erforscht Methoden, Sprachen, Werkzeuge und Technologien, um derartige Systeme erfolgreich und kontinuierlich zu entwickeln. Der Fokus der Forschungsgruppe liegt auf den folgenden drei Bereichen:

#### **Entwicklungsmethodik für Intelligente Technische Systeme**

Die Entwicklung solcher Systeme kann nicht aus einer einzelnen Disziplin heraus erfolgen. Vielmehr müssen disziplinübergreifende Ansätze erforscht und in die Anwendung gebracht werden. Bestehende Ansätze der Produktentwicklung reichen daher nicht aus, um diese steigenden Anforderungen an die Marktleistungen zu erfüllen. Zudem wandeln sich auch die Wertschöpfungsformen hin zu einer Netzwerk-Struktur. Wir erforschen daher neue Entwicklungsmethoden und Formen der verteilten Zusammenarbeit und unterstützen Systemarchitekten bei der Gestaltung und dem Management von Systemarchitekturen über ihren Lebenszyklus. Darüber hinaus werden Methoden zur Gestaltung von dynamisch vernetzten Systemen im Sinne eines System-of-Systems (SoS) erforscht.

#### **Digitalisierung in der Produktentwicklung**

Die Digitalisierung schreitet auch in der Produktentwicklung voran. Im Bereich digitale Produktentwicklung verfolgen wir das Ziel, komplexe Marktleistung weiterzuentwickeln und dabei Assistenzsysteme und innovative Werkzeugketten zu erforschen. Zukünftige Marktleistungen werden kontinuierlich entwickelt (z. B. Updates, Nachrüstung) und in Generationen

aufgebaut. Die Fundierung bildet das Data-Driven Systems Engineering. Darunter fallen Themen wie Digitale Zwillinge und Digital Threads, Rapid Prototyping, Daten- und Wissensmanagement sowie durchgängige Werkzeugketten zur Analyse, Synthese und Absicherung auf Basis von Kollaborationsplattformen. Einen wesentlichen Beitrag leistet die Anwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens in der Produktentwicklung unter Berücksichtigung sozio-technischer Anforderungen.

#### **Lehre**

Eine zentrale Rolle spielt die Vermittlung der notwendigen Kompetenzen für zukünftige Absolventen und Doktoranden durch eine praxisnahe und interdisziplinäre Ausbildung. Dabei bildet die Fachgruppe eine wissenschaftliche Einheit mit der Abteilung Systems Engineering am Fraunhofer IEM. Gemeinsam gestalten wir die Entwicklung von morgen und führen diese Ansätze in die industrielle Anwendung.



**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu**  
E-Mail: Roman.Dumitrescu@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 67

---

---

## Shaping Systems Engineering (SE) for Future Systems

### New team for research on “Advanced Systems Engineering” workgroup

---

Digitalisation is transforming the process of value creation and confronting organisations with new challenges. The transformation to autonomous, dynamically connected and interacting engineered systems poses a challenge for companies and value creation systems. Key challenges concern the complexity, transdisciplinary and integrative nature of these systems. The SE-group researches new approaches to develop such complex systems.

Digitalisation is revolutionising engineered products and smart services. This does not only concern industrial applications (e.g. connected production facilities), but also objects of everyday use (e.g. vehicles). Furthermore, these systems are autonomous, dynamically connected and interact with their users in a natural way. Thus, this evolution manifests interdisciplinary systems that integrate mechanical engineering, electronic and information technology aspects. Such systems and their development are highly complex. Therefore, Systems Engineering has become the focus of research and application. The new “Systems Engineering” group as part of the research area Advanced Systems Engineering (ASE), researches the methods, languages as well as tools and technologies to develop such systems successfully and continuously. The group focuses on the following areas:



Mit Advanced Systems Engineering werden komplexe Systeme Realität. Advanced Systems Engineering is a prerequisite for the development of complex systems.

### Design methodology for Intelligent Technical Systems

Intelligent Technical Systems cannot be developed from a single domain. Rather, interdisciplinary approaches are required for research and industry. The existing approaches to product development are, therefore, not sufficient to meet these increasing requirements on products and smart services. In addition, the method of value creation is also changing towards networks structures. Therefore, we study new development methods and

forms of collaboration for the future of Systems Engineering and support system architects in the design and management of system architectures throughout the systems' life cycle. In addition, we research methods for the design of dynamically connected systems such as System-of-System (SoS).

### Advanced engineering

Digitalisation is also shaping and advancing the way of product engineering. In the area of digital product engineering, we aim to further develop complex products and to research cognitive assistance systems and innovative tool chains at the same time. Future products will be developed continuously (e.g. updates, retrofitting) and over generations. The foundation is Data-Driven Systems Engineering. This includes topics such as digital twins and digital threads, rapid prototyping, data and knowledge management as well as integrated tool chains for analysis, synthesis and validation based on collaboration platforms. Moreover, the application of methods of Artificial Intelligence and machine learning to improve product development and to gain insights and knowledge about the product, while considering the socio-technical requirements is gaining more importance.

### Education and research

Providing future graduates and doctoral students with the necessary skills through a practical and interdisciplinary education plays a central role. The group forms a scientific unit with the Systems Engineering department of the Fraunhofer IEM. Together, we shape the development of tomorrow and lead these approaches into industrial application.



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

---



»» Jeder Tag ist eine neue Chance. ««

»» Every day is a new chance. ««

---

## Ingrid Wiederkehr

M.Sc.  
Advanced Systems Engineering

---

Seit Februar 2020 bin ich wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“ von Professor Dumitrescu. Nach meinem Abitur im Jahr 2012 habe ich mich dazu entschlossen, meine Heimatstadt Düsseldorf zu verlassen und mich fernab des Rheinlands neuen Herausforderungen zu stellen: Die Entscheidung, an der Universität Paderborn Wirtschaftsingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Maschinenbau zu studieren, fiel mir leicht. Schon als Kind habe ich mich für Technik interessiert. Dieses Interesse in Einklang mit wirtschaftlichen Aspekten zu bringen erschien mir im Laufe meines Abiturs Erfolg versprechend und hat sich während meiner Studienzeit bewährt. In Rahmen meines Studiums habe ich an verschiedenen Lehrstühlen als studentische Hilfskraft gearbeitet, u. a. auch in der ehemaligen Fachgruppe „Strategische Produktplanung und Systems Engineering“ von Professor Gausemeier. Dort habe ich sehr schnell an Forschungs- und Industrieprojekten mitwirken können: Das hat mich von Anfang an begeistert.

Zum Ende meines Studiums entschloss ich mich für eine Promotion. Das Arbeiten in der Forschung und die konsequente Anwendung des erlangten Wissens in der Industrie bilden für mich die perfekte Basis. Ich sehe die Promotion einerseits als Herausforderung, andererseits erhoffe ich mir, stets positiv auf diese Zeit zurückblicken zu können. Seit meinem ersten Arbeitstag steuert mein Team hierzu einen erheblichen Beitrag bei und wird dies mit Sicherheit auch in den nächsten Jahren tun. Der Teamzusammenhalt ist trotz der Corona-Pandemie hervorragend. Events wie virtuelle Escape-Räume schweißen uns nur noch mehr zusammen.

Auch privat stelle ich mich gerne neuen Aufgaben: Erst zuletzt habe ich erfolgreich meinen ersten Sportbootführerschein absolviert. Neben der klassischen Binnenfahrt über den Rhein ist das nächste Ziel, die Küste unter Segel auch über die drei Seemeilen-Grenze hinaus zu verlassen.

---

## Ingrid Wiederkehr

M.Sc.  
Advanced Systems Engineering

---

Since February 2020, I have been a research assistant in the “Advanced Systems Engineering” workgroup of Professor Dumitrescu. After graduating from secondary school in 2012, I decided to leave my hometown Düsseldorf and face new challenges far away from the Rhineland: The decision to study Industrial Engineering and Management with a focus on mechanical engineering at the Paderborn University was easy for me. I was interested in technology already as a child. Bringing this interest in line with the economic aspects seemed promising to me in secondary school and has proved its worth during my studies. During my studies, I worked as a student assistant at various chairs, among others in the former “Strategic Product Planning and Systems Engineering” workgroup of Professor Gausemeier. It was there that I was able to participate in research and industry projects very quickly: This has inspired me from the very beginning.

At the end of my studies, I decided to obtain a doctoral degree. Working in research and the consistent application of my acquired knowledge in industry form the perfect basis for me. On the one hand, I see my doctorate as a challenge, but on the other hand, I hope to always look back on this time in a positive light. Since my first working day, my team has made a significant contribution to this and will certainly continue to do so in the coming years. Despite the COVID-19 pandemic, the team's cohesion is excellent. Events like virtual escape rooms only weld us together even more.

In my private life, I also like to face new challenges: Only recently, I successfully obtained my first sport boat driving licence. Apart from the classic inland waterway trip across the Rhine, my next goal is to leave the coast under sail beyond the three nautical mile limit.

---

# Verhaltensökonomie und Verantwortung

Prof. Dr. René Fahr

---

Der Erfolg einer Organisation hängt maßgeblich davon ab, wie sich Mitarbeiter angesichts der sich ständig verändernden Prozesse, Standards und Strukturen verhalten. Unter Berücksichtigung psychologischer und verhaltensökonomischer Konzepte untersuchen wir menschliches Entscheidungsverhalten in verschiedenen Organisations- und Verantwortungssituationen und entwickeln darauf aufbauend Anreizsysteme zur Verhaltensänderung. Die sich ergebenden Fragestellungen werden durch ein breites Spektrum ökonomischer Methoden (Theorie, Ökonometrie, Verhaltensexperimente) behandelt.

E-Mail: [Rene.Fahr@upb.de](mailto:Rene.Fahr@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 20 90

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



# CS



## Corporate



## So

---

# Behavioural economics and responsibility

Prof. Dr. René Fahr

---

An organisation's success primarily depends on how employees behave in the face of constantly changing processes, standards and structures. Considering the psychological and behavioural economic concepts, we examine human decision-making behaviour in various organisational and responsibility situations and develop behavioural change incentive systems based on this. The resulting questions are addressed using a broad spectrum of economic methods (theory, econometrics, behavioural experiments).

E-mail: [Rene.Fahr@upb.de](mailto:Rene.Fahr@upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 20 90

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



# SR



**ocial**



**Responsibility**

---

## Fachgruppe Behavioral Economic Engineering and Responsible Management

---

Die Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ setzt mit Behavioral Economic Engineering auf die Identifikation von Problemen wie Verhaltensverzerrungen in ökonomischen Laborexperimenten sowie auf die anschließende Korrektur dieser Verzerrungen durch geeignete Interventionen. Auf dem Gebiet Responsible Management geht es um Themen wie Nachhaltigkeit, Unternehmensverantwortung und Business Ethics.

### Forschungsgebiete

Forschungsfragen der Fachgruppe betreffen unter anderem Compliance, ethische Unternehmensentscheidungen, nachhaltige Unternehmensführung, Verantwortung in der digitalisierten Gesellschaft und Mensch-Maschine-Interaktion. Beispielsweise beschäftigt sich die Fachgruppe mit Projekten wie „Behavioral Biases in human-in-the-loop control“, um die Rolle des Feedbacks bei Entscheidungsprozessen in Mensch-Maschine-Interaktionen zu untersuchen. Geeignete Mechanismen sollen helfen, Wahrnehmungs- und Verhaltensverzerrungen bei menschlichen Entscheidungen entgegenzusteuern. Im DFG-geförderten Projekt „An Experimental Approach for the Study of Effective Compliance and Integrity Measures Improving Whistleblowing Behaviors“ untersucht die Fachgruppe die Ausgestaltung unternehmensweiter Ethikprogramme zur Förderung von Whistleblowing. Professor René Fahr und Mitarbeiter/innen der Fachgruppe sind zudem am SFB 901 „On-the-fly Computing“ mit der Informatik beteiligt und forschen zur Qualitätssicherung bei Online-Dienstleistungen. Zudem ist in der Fachgruppe die wissenschaftliche und organisatorische Leitung des BaER-Lab (Business and Economic Research Laboratory), des experimentellen Forschungslabors der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, angesiedelt.

### Lehre

Die Fachgruppe bietet ein breites Spektrum in der Lehre und befasst sich mit umfassenden Mechanismen zur Sicherstellung guter Unternehmensführung. In den Grundlagenveranstaltungen der Fachgruppe wird ein Grundverständnis der Corporate Governance vermittelt. Darauf aufbauend werden in den Vertiefungsveranstaltungen differenzierte ökonomische Sachverhalte analysiert, die Schwerpunkte wie Nachhaltigkeit, Business Ethics oder empirische Managementforschung beinhalten.

### Kooperation im Bereich Wirtschaftsethik

Die Fachgruppe koordiniert das Anteilsfach Management im Zweifach-Master „Kultur und Gesellschaft“ und im Zweifach-Bachelor der Kulturwissenschaftlichen Fakultät. Zudem führt die Fachgruppe seit 2013 eine enge Kooperation mit Professor Günter Wilhelms von der Theologischen Fakultät Paderborn zur Reflexion wirtschaftsethischer Fragen in Studium und Öffentlichkeit. Hierbei wird die wechselseitige Öffnung von Lehrveranstaltungen im Bereich Wirtschaftsethik für die Studierenden beider Universitäten ermöglicht. Darüber hinaus wurde die regelmäßige Veranstaltungsreihe „Forum Wirtschaftsethik“ initiiert, welche Raum zur Reflexion aktueller wirtschaftsethischer Fragestellungen gemeinsam mit Expert/inn/en ermöglicht.

### Unternehmens-Kooperationen

Anwendungsnahe wird in der Fachgruppe großgeschrieben: Projekte in Kooperation mit der Weidmüller Interface GmbH & Co KG sowie PwC liefern Studierenden spannende Einblicke in praxisorientierte Nachhaltigkeitsstrategien, in das Nachhaltigkeitsreporting sowie in die Bereiche Compliance-Management und Korruptionsprävention.

---

## Workgroup Behavioral Economic Engineering and Responsible Management

---

The “Behavioral Economic Engineering and Responsible Management” workgroup focuses on identifying problems such as behavioural distortions in economic laboratory experiments and the subsequent correction of these distortions through appropriate interventions. In Responsible Management, the focus is on sustainability, corporate responsibility and business ethics.

### Research areas

The workgroup's research questions concern compliance, ethical business decisions, sustainable management, responsibility in the digitalised society and human-machine interaction. For example, the workgroup works on projects such as “Behavioral Biases in human-in-the-loop control” to investigate the role of feedback in decision-making processes in human-machine interactions. Appropriate mechanisms should help to counteract distortions of perception and behaviour in human decisions. In the DFG-funded project “An Experimental Approach for the Study of Effective Compliance and Integrity Measures Improving Whistleblowing Behaviours”, the workgroup investigates the design of company-wide ethics programs to promote whistle-blowing. Professor René Fahr and the workgroup members are also involved in the SFB 901 “On-the-fly Computing” with computer science and are researching quality assurance in online services. The workgroup is also the scientific and organisational head of the BaER-Lab (Business and Economic Research Laboratory), the experimental research laboratory of the Faculty of Economic Sciences.

### Teaching

The workgroup offers a broad spectrum in teaching and deals with comprehensive mechanisms to ensure good corporate governance. The workgroup's introductory courses provide a basic understanding of corporate governance. Building on this, in-depth modules analyse differentiated economic issues focusing on sustainability, business ethics or empirical management research.

### Cooperation in the field of business ethics

The workgroup coordinates the management part of the dual master's programme “Culture and Society” and the dual bachelor's programme of the Faculty of Cultural Studies. Since 2013, the workgroup has also been working in close cooperation with Professor Günter Wilhelms from the Faculty of Theology in Paderborn on reflecting economic-ethical questions in studies and the public. This enables the mutual opening of courses in business ethics for students of both universities. Moreover, the regular series of events “Forum Wirtschaftsethik” was initiated, which provides space for reflection on the current issues of business ethics together with experts.

### Business cooperation

The workgroup attaches great importance to application proximity: Projects in cooperation with Weidmüller Interface GmbH & Co KG and PwC provide students with exciting insights into practice-oriented sustainability strategies, sustainability reporting, compliance management and corruption prevention.

## Maßnahmen zur Förderung von Whistleblowing-Verhalten

### Ein experimentalökonomischer Ansatz

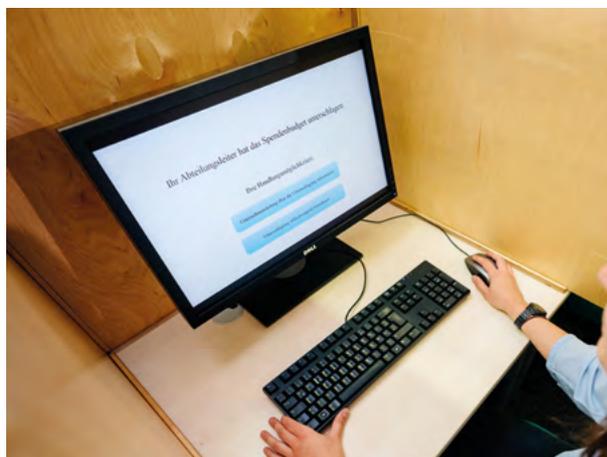
Da Whistleblowing zunehmend als wichtiger Ansatz zur Prävention und Aufdeckung von Unternehmensbetrug anerkannt wird, steigt auch das Interesse von Organisationen, Maßnahmen zur Förderung von Whistleblowing-Verhalten zu entwickeln und in bestehende Kontroll- und Risikomanagementsysteme zu integrieren.

#### Zielsetzung und wichtige Fragestellungen

Ziel des Forschungsprojekts ist, zu untersuchen, wie unternehmensweite Ethikprogramme ausgestaltet sein müssen, um Mitarbeiter zu ermutigen, beobachtetes Fehlverhalten zu melden. Obwohl viele Unternehmen bereits über Ethikprogramme verfügen, ist kaum bekannt, wie sich bestimmte Bestandteile dieser Programme auf das Meldeverhalten von Mitarbeitern auswirken. Aus diesem Grund betrachten wir innerhalb des Projekts beispielsweise, inwiefern finanzielle Anreizsysteme einen Mitarbeiter motivieren können, beobachteten Unternehmensbetrug zu melden und sich dabei illoyal gegenüber seinen Arbeitskollegen zu verhalten. Andere aktuelle Fragestellungen untersuchen, inwieweit ein potenzieller Whistleblower aufgrund von zu hohen persönlichen Kosten das Melden unterlässt oder ob zunehmend eingeführte Whistleblowing-Richtlinien in Unternehmen, die über die Möglichkeiten des Whistleblowings aufklären und unter anderem den Schutz vor Vergeltungsmaßnahmen versichern, zu mehr Whistleblowing-Verhalten führen können.

#### Analyse anhand von ökonomischen Laborexperimenten

Im realen Unternehmenskontext ist es kaum möglich, Whistleblowing direkt zu beobachten. Aus diesem Grund basiert die Whistleblowing-Forschung hauptsächlich auf Szenario-Studien oder Fragebögen und Interviews zur Selbsteinschätzung. Aufgrund der ethischen Dimension und des hauptsächlich hypothetischen Ansatzes, Whistleblowing-Absichten statt reales Verhalten erheben zu können, ist jedoch anzunehmen, dass diese Methoden zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen.



Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)

Ökonomische Laborexperimente, in denen Teilnehmende am Computerbildschirm reale Entscheidungen unter monetären Anreizbedingungen treffen, gelten als wichtiger Bestandteil der ökonomischen Forschung, da sie die Möglichkeit bieten, tatsächliches Verhalten im entsprechenden Kontext zu beobachten. Durch die kontrollierte Variation bestimmter Bedingungen innerhalb eines solchen Experiments lassen sich kausale Zusammenhänge untersuchen. Somit eignet sich die Methode der experimentellen Wirtschaftsforschung hervorragend, um neue Erkenntnisse darüber zu gewinnen, welche Bestandteile von Ethikprogrammen in welcher Gestaltung zu einer Förderung von Whistleblowing-Verhalten beitragen können, bevor diese tatsächlich in Organisationen implementiert werden.

In unserer aktuellen Forschung entwickeln wir Laborexperimente, in denen die Teilnehmenden mit einer realistischen ethischen Entscheidung im Organisationskontext konfrontiert werden, beobachtetes Fehlverhalten zu melden oder stillschweigend darüber hinwegzusehen. Die Experimente führen wir mit Studierenden im Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab) der Universität Paderborn durch.



**Dr. Behnud Mir Djawadi**

E-Mail: Behnud.Mir.Djawadi@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 20 93



**Sabrina Schäfers, M.Sc.**

E-Mail: Sabrina.Schaefers@upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 20 93



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

## Measures to promote whistle-blowing behaviour

### An experimental approach

Since whistle-blowing is increasingly recognised as an important approach to prevent and reveal organisational fraud, there is rising interest of organisations to develop measures to encourage whistle-blowing behaviour and integrate them into their existing control and risk management systems.

#### Objectives and important questions

The aim of the research project is to investigate how corporate ethics programmes should be designed to encourage employees to report observed misconduct. Although many companies already have ethics programmes in place, little is known about the impact of certain elements of these programmes on employee reporting behaviour. Therefore, within the project, we investigate, for instance, to what extent financial incentive systems can motivate employees to report observed corporate fraud and to behave disloyally towards their colleagues. Other current issues examine the extent to which a potential whistle-blower may refrain from reporting due to excessive personal costs or whether increasingly introduced whistle-blowing guidelines in companies that provide information about the possibilities of whistle-blowing and, among other things, insure protection against retaliation, may lead to more whistle-blowing behaviour.



Business and economic research laboratory (BaER-Lab)

dimension and the mainly hypothetical approach of measuring whistle-blowing intentions instead of real behaviour, it can be assumed that these methods lead to biased results.

Economic laboratory experiments, in which participants make real decisions on the computer screen under monetary incentive conditions, are considered an important part of economic research, as they offer the possibility to observe actual behaviour in an appropriate context. By the controlled variation of certain conditions within such experiments, causal relationships can be investigated. Thus, the method of experimental economics is ideally suited to gain new insights into which components of ethics programmes in which design can contribute to promoting whistle-blowing behaviour before they are actually implemented in organisations.

In our current research, we develop laboratory experiments in which the participants are confronted with a realistic ethical decision in an organisational context to report observed wrongdoing or to remain silent. We conduct the experiments with students at the Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab) located at Paderborn University.



**Dr Behnud Mir Djawadi**  
E-mail: Behnud.Mir.Djawadi@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 20 93



**Sabrina Schäfers, M.Sc.**  
E-mail: Sabrina.Schaefer@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 20 93



Supported by: DFG (German Research Foundation)

#### Analysis based on economic laboratory experiments

It is almost impossible to directly observe whistle-blowing in real business organisations. Consequently, whistle-blowing research is mainly based on scenario studies or self-reporting questionnaires and interviews. However, due to the ethical

---

## Vertrauen in Kundenbewertungssystemen

### Wie unbekannte Vertrauenswürdigkeit das menschliche Verhalten beeinflusst

---

Auf Online-Märkten werden Kundenbewertungssysteme genutzt, um Erfahrungen mit Produkten zu teilen und deren Qualität besser einschätzen zu können. Die Motive der Schreiber von Kundenbewertungen sind dabei allerdings unbekannt, sodass die Vertrauenswürdigkeit nicht abschließend eingeschätzt werden kann. Dieser Unsicherheitsfaktor beeinflusst das menschliche Verhalten und sollte von Kundenbewertungssystemen berücksichtigt werden.

#### Technische Aggregation von Kundenbewertungen

Kundenbewertungen umfassen meistens eine textliche Komponente, ergänzt um eine quantitative Gesamteinschätzung der Erfahrung mit einem Produkt. Der quantitativen Komponente kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da sie einem Gesamtesumme entspricht und leicht mit anderen Bewertungen zu einer Qualitätskennzahl für ein Produkt aggregiert werden kann. Als Skala für diese Bewertungen und folglich auch für die aggregierte Qualitätskennzahl wird in der Regel eine ordinal skalierte Sternebewertung genutzt. Zur Aggregation in Kundenbewertungssystemen wird dabei häufig auf das technisch leicht umzusetzende arithmetische Mittel zurückgegriffen.

#### Der Faktor Mensch

Das arithmetische Mittel kann allerdings nur für kardinal skalierte Daten direkt interpretiert werden und den Anwender durch die ordinalen Daten bei den Sternebewertungen überfordern. Zusätzlich ignoriert eine solche technische Datenverarbeitung, dass Autoren ihre persönlichen Motive zur Abgabe von Kundenbewertungen haben, wodurch deren Vertrauenswürdigkeit unklar ist. Daher stellt sich die Frage, ob dieses technische Aggregationsmaß den Anforderungen der Anwender entspricht, also der Faktor Mensch hinreichend berücksichtigt wird.

Wir greifen in diesem Projekt den menschlichen Faktor auf, indem wir Probanden mit verschiedenen Szenarien konfrontieren und so den Einfluss unterschiedlicher Unsicherheitsquellen aufschlüsseln: Probanden treffen Entscheidungen unter unbekannter Vertrauenswürdigkeit, die wir in Form visualisierter Kundenbewertungen implementieren, oder sie erhalten die gleichen Informationen bei Entscheidungen unter Risiko. Letztere nutzen kardinal darstellbare Entscheidungssituationen und weisen außerdem nicht das Problem der unbekannteren Vertrauenswürdigkeit auf. Da wir in beiden Domänen verschiedene Entscheidungsmuster identifizieren, deutet dies auf den Einfluss von unsicherer Vertrauenswürdigkeit und der ordinalen Skalierung auf das menschliche Aggregationsver-

halten hin. Kundenbewertungssysteme können dahingehend adaptiert werden.

#### Design von Kundenbewertungssystemen

Im Rahmen des SFB-Teilprojekts „Empirische Analysen in Märkten für OTF Dienstleistungen“ forschen wir zum Design von Online-Bewertungssystemen. Dabei untersuchen wir neben den Metriken von Kundenbewertungen auch deren Incentivierung sowie den Einfluss sozialer Nähe auf Kundenbewertungen. Außerdem untersuchen wir, inwiefern Koproduktion als Treiber von Kundenbewertungen durch Bereitstellung eigener, sensibler Daten fungiert.



**Dipl.-Wirt.-Ing. Dirk van Straaten**

E-Mail: [Dirk.Van.Straaten@hni.upb.de](mailto:Dirk.Van.Straaten@hni.upb.de)

Telefon: +49 5251 | 60 20 91



Gefördert durch: Sonderforschungsbereich 901 „On-the-Fly Computing“, Teilprojekt A4

---

---

## Trust in customer review systems

### How unknown trustworthiness influences human behaviour

---

In online markets, customer rating systems are used to share experiences with products and better assess their quality. However, the motives of the writers of customer reviews are unknown, so that the trustworthiness cannot be conclusively assessed. This uncertainty factor influences human behaviour and should be considered by customer review systems.

#### Technical aggregation of customer reviews

Customer reviews usually include a textual component supplemented by a quantitative overall assessment of the experience with a product. The quantitative component is particularly important because it corresponds to an overall assessment and can be easily aggregated with other ratings to form a quality indicator for a product. The scale used for these ratings and consequently for the aggregated quality indicator is usually an ordinal scaled star rating. For aggregation in customer review systems, the arithmetic mean, which is technically easy to implement, is often used.



**Unbekannte Vertrauenswürdigkeit beeinflusst die Einschätzung von Kundenbewertungen.**  
Unknown trustworthiness influences human assessment of customer ratings.

#### The human factor

However, the arithmetic mean can only be interpreted directly for cardinally scaled data and might overburden the user with the ordinal data for star ratings. In addition, such technical data processing ignores that authors have their personal motives for giving customer reviews, making their trustworthiness unclear. Therefore, the question arises whether this technical aggregation measure meets the users' requirements, i.e. whether the human factor is sufficiently taken into account.

In this project, we take up the human factor by confronting test persons with different scenarios and thus break down the influence of different sources of uncertainty: test persons make decisions under unknown trustworthiness, which we implement in the form of visualised customer ratings, or they receive the same information when making decisions under risk. The latter use cardinally representable decision situations and, moreover, do not have the problem of unknown trustworthiness. Since we identify different decision patterns in both domains, this points to the influence of uncertain trustworthiness and ordinal scaling on human aggregation behaviour. Customer review systems can be adapted accordingly.

#### Design of customer review systems

Within the scope of the CRC subproject "Empirical analysis in markets for OTF services", we investigate the design of online review systems. In addition to the metrics of customer ratings, we research the provision of incentives and the influence of social proximity on customer ratings. Furthermore, we examine the extent to which co-production acts as a driver of customer ratings by providing its own sensitive data.



Dipl.-Wirt.-Ing. Dirk van Straaten  
E-mail: [Dirk.Van.Straaten@hni.upb.de](mailto:Dirk.Van.Straaten@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 20 91



Supported by: Collaborative Research Centre 901 "On-the-Fly Computing", Project area A4

---

## Verhaltensökonomie für das Design von Human-in-the-Loop-Kontrollsystemen

Das Thema Mensch-Maschine-Interaktion nimmt eine immer größere Rolle im wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs ein, wobei der Fokus häufig stärker auf der maschinellen als auf der menschlichen Komponente liegt. Menschen werden traditionell als vollständig rationale Entscheider modelliert, obwohl die Verhaltensökonomie lediglich begrenzt rationale handelnde Individuen beobachtet. Hier setzen wir an.

Das Projekt „Behavioral economics for human-in-the-loop control systems design“ ist eine interdisziplinäre Kooperation zwischen der wirtschaftswissenschaftlichen Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ und dem Regelungstechniker Professor Daniel Quevedo (Queensland University of Technology, Australien). Bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion kommt den Annahmen darüber, wie der Mensch seine Entscheidungen trifft, eine zentrale Bedeutung zu. Obwohl in den Wirtschaftswissenschaften mit den Erkenntnissen der Verhaltensökonomie zunehmend das Bild eines eingeschränkt rationalen Entscheiders vorherrscht, der systematischen Wahrnehmungs- und Verhaltensverzerrungen („Behavioral Biases“) unterliegt, werden diese Erkenntnisse bisher in der Regelungstechnik kaum berücksichtigt. Die bisherige Literatur zum Regelungsprozess in cyber-physischen Systemen modelliert menschliche Entscheidungen dabei typischerweise als Markov-Entscheidungs- bzw. Optimierungsprozess.

Mit der Modellierung eines eingeschränkt rationalen Entscheiders stellt sich jedoch die Frage, wie die menschlichen Entscheidungen in eine gewünschte Richtung gelenkt werden können. Hier kommt dem Feedback, zum Beispiel der Information zu den Auswirkungen vergangener Entscheidungen, eine wichtige Rolle zu. Im Gegensatz zu Softwaresystemen verbessert sich die Performance von Menschen nicht notwendigerweise, wenn ihnen mehr Informationen zur Verfügung gestellt werden. Auch schnelles und hochfrequentes Feedback führen nicht zwangsläufig zu besseren Entscheidungen, da Menschen lediglich über begrenzte kognitive Kapazitäten verfügen, wodurch sie nicht alle Informationen adäquat verarbeiten.

Mit der Untersuchung menschlicher Entscheidungen in dem Kontext eines cyber-physischen Systems in anreizkompatiblen ökonomischen Experimenten kann die Art der Verzerrungen systematisch studiert werden. Damit werden wichtige Erkenntnisse über die Gestaltung des Regelungsprozesses gewonnen, welche den Ausgangspunkt für weitere interdisziplinäre Arbeiten bilden.



Erkenntnisse aus der Verhaltensökonomie können herangezogen werden, um Ineffizienzen in der Mensch-Maschine Interaktion zu erklären. Insights from behavioural economics contribute to explaining inefficient decisions in human-machine interaction.

In einer ersten experimentellen Studie in diesem Forschungsprojekt mit Studierenden der Universität Paderborn konnten wir zeigen, dass Selbstüberschätzung und statistische Fehlwahrnehmungen von Individuen – wie die „Hot-hand Fallacy“ (Grundidee: „Was dreimal klappt, wird auch ein viertes Mal funktionieren“) – im Human-in-the-loop-Kontext zu ineffizienten Entscheidungen führen. Dabei waren die Teilnehmer damit beauftragt, Entscheidungen über die Aktionen einer (fiktiven) teil-autonomen Flugdrohne zu treffen. Die Studie wird im Dezember 2020 in einer Sonderausgabe von IEEE Control Systems veröffentlicht.

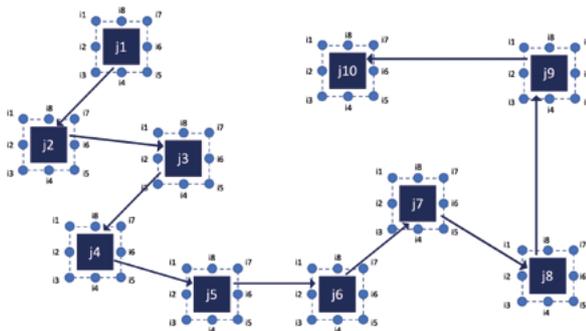


**Marius Protte, M.Sc.**  
E-Mail: [prottem@campus.upb.de](mailto:prottem@campus.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 39 45

## Behavioural economics for human-in-the-loop control systems design

The topic of human-machine interaction is increasing in presence and importance for scientific and social discourse, with its focus often being directed more towards the machine rather than the human component. Humans are traditionally modelled as fully rational decision-makers, although behavioural economics commonly observes bounded rational individuals. That is where we start.

The project “Behavioural economics for human-in-the-loop control systems design” presents a multidisciplinary cooperation between the economics “Behavioral Economic Engineering and Responsible Management” workgroup and control engineering Professor Daniel Quevedo (Queensland University of Technology, Australia). In designing human-machine interaction, assumptions on how humans make decisions are of central importance. In the field of economics, findings from behavioural economics strongly suggest modelling humans as bounded rational agents who are subject to systematic perceptual and behavioural biases. However, these findings are hardly considered in control engineering yet with the previous literature on human control in cyber-physical systems typically modelling human decision-making as Markov-Decision and optimisation processes.



Beispielskizze eines Drohnenflugplans im Experiment von Marius Protte, Prof. René Fahr und Prof. Daniel E. Quevedo (2020)  
Illustrative example of a drone's path in the experiment by Marius Protte, Prof. René Fahr and Prof. Daniel E. Quevedo (2020)

In modelling a bounded rational decision-maker, the question arises as to how to nudge human decisions into a desired direction. Feedback, for instance information on the outcome of past decisions, has a central role in this. However, in contrast to machine learning, human performance does not necessarily improve through the provision of additional information. The same holds true for immediate and highly frequent feedback, as humans' limited cognitive capacities prevent them from processing large amounts of information appropriately.

By investigating human decision-making in the context of cyber-physical systems through incentivised economic experiments, behavioural biases can be studied systematically. Thereby, important insights on the design of control processes are gained, which provide the starting point for subsequent interdisciplinary studies in this area.

In an initial experimental study, featuring student participants from Paderborn University, we were able to show that overconfidence and statistical misinterpretations by human individuals – like the “hot-hand fallacy” (basic concept: What worked three times before will work the next time too) – in the context of human-in-the-loop control lead to inefficient decision-making. The participants were tasked with making decisions on the actions of a partly autonomous flight drone. The study will be published in a special issue of IEEE Control Systems in December 2020.



Marius Protte, M.Sc.

E-mail: prottem@campus.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 39 45



Verstand und Intuition sind zwei wahre Freunde,  
die sich stets herausfordern.



The mind and intuition are two true friends  
who always challenge each other.



---

## Sabrina Plaß

M.Sc.  
Behavioral Economic Engineering and  
Responsible Management

---

Im platten Emsland aufgewachsen, in Paderborn studiert, befinde ich mich nun in der Fachgruppe von Professor René Fahr. Die Promotion gleicht, wie ich oftmals zugestehen muss, einer Berg- und Talfahrt. Doch konnte ich hier – analog zum Auf und Ab – das Mountainbiken für mich entdecken. Unabhängig davon genieße ich es, mich durch den Wald zu bewegen; und Yoga mag ich auch ganz gern.

Was mich zur Forschung treibt? Diese Frage ist nicht immer leicht zu beantworten, aber sie begleitet mich kontinuierlich; und ich versuche sie – weitestgehend – zu kultivieren, damit Forschung für mich sinnstiftend bleibt. Meine leitende Motivation ist, zu einem nachhaltigen Wandel beizutragen. Zusammen mit meinen Ko-Autor/inn/en gehen wir der Frage nach, wie sich das Individuum im Kontext wirtschaftlichen Handelns verhält, das heißt vor allem in ethischer Hinsicht. Inwiefern übernimmt der Einzelne Verantwortung, z. B. im Aufdecken von Betrugsfällen? Hier schauen wir uns derzeit an, warum Whistleblowing trotz gesetzlicher Rahmenlinien und Anreize ein eher seltenes Phänomen ist. Inwiefern beeinflussen zwischenmenschliche Aspekte dieses Verhalten?

Dabei ist ein nachhaltiger Wandel nicht nur davon abhängig, etwa einen Abgas-Skandal aufzudecken. Was liegt dem zugrunde, wenn wir weiterdenken? Wie kann ich als Individuum eingefahrene Denkmuster durchschauen und neuartige Horizonte entfalten? Und wie leicht kann ich sie mir auch aneignen und damit arbeiten? Gerade Disruptionen erfordern viel kreatives Potenzial, und dafür untersuchen wir, wie sich Achtsamkeit und Meditation (mindfulness) auf divergentes Denken auswirken. Auch interessant ist, wenn wir unter diesen Vorzeichen auf die Digitalisierung schauen: Welche Faktoren beeinflussen die gesellschaftliche Akzeptanz von KI? Für solche und ähnliche Fragestellungen verfahren wir mit Methoden der experimentellen Verhaltensökonomik.

Was mit dem Ganzen immer einhergeht, ist ein Augenmerk auf das Unternehmertum und die Frage: Wie können Unternehmen einen gesellschaftlich wertvollen Beitrag leisten und Nachhaltigkeit integrativ umsetzen? Erst kürzlich haben wir in einem kleinen Team die erste virtuelle „Impact Night OWL“ initiiert, das heißt: wir haben Gründer/inne/n mit gesellschaftlicher Relevanz zu einem regen Austausch eingeladen und nicht unerhebliche Impulse mitgenommen.

---

## Sabrina Plaß

M.Sc.  
Behavioral Economic Engineering and  
Responsible Management

---

I grew up in the flat Emsland region of Germany, studied in Paderborn and now I find myself in Professor René Fahr's work-group. As I often have to admit, the doctorate is like a roller coaster ride. But here, I was able to discover mountain biking for myself – analogous to the ups and downs. Independently of that, I enjoy exploring the forest; and I also really like yoga.

What drives me to research? This question is not always easy to answer, but it accompanies me quite often, and I try to cultivate it – as far as possible – so that research remains meaningful for me. My guiding motivation is to contribute to sustainable change. Together with my co-authors, we explore how the individual behaves in the context of economic activity, i.e. above all, in ethical terms. To what extent does the individual assume responsibility, e.g. in uncovering cases of fraud? Here, we are currently looking at why whistleblowing is a relatively rare phenomenon despite the legal frameworks and incentives. To what extent do interpersonal aspects influence this behaviour?

A sustainable change is not only dependent on uncovering a waste gas scandal. What is the basis for this, if we think ahead? How can I, as an individual, see through entrenched patterns of thought and develop new horizons? And how easily can I acquire them and work with them? Disruptions, in particular, require a great deal of creative potential, and for this reason, we are investigating how mindfulness and meditation (mindfulness) affect divergent thinking. It is also interesting when we look at digitalisation under these conditions: Which factors influence the social acceptance of AI? For these and similar questions, we use methods of experimental behavioural economics.

What always goes hand in hand with all this is a focus on entrepreneurship and the question: How can companies make a socially valuable contribution and implement sustainability in an integrative way? Only recently, we initiated the first virtual “Impact Night OWL” in a small team i.e. we invited founders with social relevance to a lively exchange and took some enlightening impulses with us.

---

# 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 entwicklungsmethodischen Ansätzen wie Systems Engineering und dem V-Modell für mechatronische und Cyber-Physische Systeme sowie digitalen Technologien. 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 towards 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 and cyber-physical systems as well as digital technologies. 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. 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.

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

### Systems Engineering und Entwicklungsmanagement

Mit (Model Based) 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 und Cyber-Physische Systeme sowie dem 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. Dazu zählen beispielsweise Fertigungsstandort und angestrebter Automatisierungsgrad. In unserem Smart Automation Laboratory realisieren wir mithilfe von Kommunikationsnetzen, Adaptivität und Konfigurierbarkeit prototypische Industrie 4.0-Implementierungen.



Professorin Iris Gräßler mit ihrem Oberingenieur Dr.-Ing. Jens Pottebaum  
Professor Iris Gräßler with her senior engineer Dr.-Ing. Jens Pottebaum

### Digitale und Virtuelle Produktentstehung

Methoden und Werkzeuge der Digitalisierung und Virtualisierung nehmen im Handlungsfeld Produktentstehung die Rolle von Schlüsseltechnologien ein. Virtual und Augmented Reality dienen beispielsweise als Werkzeug zur Konzipierung und Planung moderner, komplexer Produkte von morgen. Die flexible und modulare Struktur unseres neuen Innovations-Forschungs-großgeräts ermöglicht es, Prüfstände situations- und themenabhängig zu konfigurieren und Lösungsansätze in variablen Forschungs-Designs zu validieren.

### Lehrangebote

Die facettenreichen Fragestellungen der Fachgruppe „Produktentstehung“ spiegeln sich in einem breitbandigen Angebot an Lehrveranstaltungen wider. Themen in Bachelor und Master reichen von der strategischen Planung über das Innovations- und Entwicklungsmanagement bis hin zur Digitalen und Virtuellen Produktentstehung für den Maschinenbau und das Wirtschaftsingenieurwesen. Studierende bearbeiten aktuelle Fragestellungen aus der Industrie im Rahmen von Projektseminaren. Die dabei 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 areas from which the solutions are derived.

### Strategic planning and innovation management

Synergies in the entrepreneurial skills, the product programme and customer structures are then best developed if the business policy is oriented towards a holistic entrepreneurial vision. 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.

In order to convince 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 buyer 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 premise controlling, the necessary changes are identified and taken into account at an early stage.

### Systems engineering and engineering management

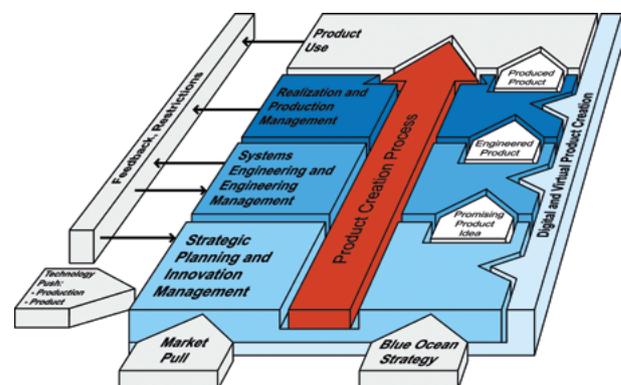
With (Model Based) Systems Engineering and Engineering Management, we provide tools for the functional realisation and manufacturability of complex technical systems. We link the various disciplines with development methodologies such as V-model for mechatronic systems and systems engineering. Our main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

### Production management

At the same time, we pay attention to the early consideration of manufacturability e.g. 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



Handlungsfeld Produktentstehung  
Action field of Product Creation

serve as a tool for the design and planning of the modern, complex products of tomorrow. The flexible and modular structure of our new innovation research instrument enables us to configure test benches according to the situation and topic and to validate the solution approaches in variable research designs.

### University lectures

The manifold issues of the action field of Product Creation are reflected in the broadband teaching lectures. At the "Product Creation" workgroup, bachelor's and master's 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. At the end of the seminar, the solution concepts developed will be presented to the management of the contracting industrial company.

## Risikomanagement in Bezug auf Anforderungsänderungen

### BMBF-Projekt „ARCA“ der Fachgruppe „Produktentstehung“ ist gestartet

Am 01.01.2020 startete das vom BMBF geförderte Projekt „Automated Requirement Change Analysis for the development of complex technical systems“ (ARCA). Das Projekt ist Teil des sogenannten „Software Campus“ zur Förderung von IT-Führungskräften. Das Projekt zielt darauf ab, das Risiko von Anforderungsänderungen während der laufenden Produktentwicklung effizienter zu beherrschen.

Heutige Entwicklungsprojekte sind durch hohe Komplexität insbesondere in Form von Dynamik und Unsicherheit geprägt. Agile Arbeitsweisen und sich verändernde Rahmenbedingungen erfordern eine kontinuierliche Anpassung der Entwicklungsziele im laufenden Entwicklungsprojekt. Solche Anpassungen verursachen Iterationen in der Entwicklung und damit Zeitverzögerungen und Kostenüberschreitungen. Im ARCA-Projekt werden neue Methoden zur Risikoabschätzung und -steuerung von Anforderungsänderungen erforscht. Dafür wird unter anderem auf Künstliche Intelligenz zur Identifikation und Charakterisierung von Anforderungsabhängigkeiten zurückgegriffen.

Ziel des Projekts ist es, einen Softwareprototypen zu entwickeln, der aufbauend auf einer ganzheitlichen und praxis-

orientierten Methode die Entwicklung komplexer technischer Systeme im dynamischen Unternehmensumfeld durch effizienteres Requirements Engineering unterstützt. Entwickler werden befähigt, risikooptimierte Entscheidungen über die präventive und reaktive Handhabung von Änderungsimpulsen zu treffen. Beispielsweise können Präventivmaßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung von Änderungsrisiken eingeleitet und die Entscheidung über die Implementierung einer Änderung verbessert werden. Zwei Kernfragen, die im Rahmen des Projekts beantwortet werden sollen, sind die folgenden: „Was sind quantifizierbare Kriterien zur Bewertung des Anforderungsänderungsrisikos in interdisziplinären, technischen Entwicklungsvorhaben?“ und „Wie können Abhängigkeiten zwischen Anforderungen (teil-)automatisiert identifiziert werden?“.

Das Projekt reiht sich in eine Reihe von Forschungsaktivitäten der Fachgruppe „Produktentstehung“ im Kontext des Requirements Engineering ein und baut inhaltlich auf Erkenntnissen des BMBF-Projekts OptiAMix auf. Das Projekt ARCA wird gemeinsam mit dem Projektpartner IAV GmbH durchgeführt. Während des Kick-Off-Meetings im Februar 2020 am Firmensitz in Braunschweig wurde die Grundlage für eine erfolgreiche Zusammenarbeit gelegt. Die IAV GmbH ist einer der global führenden Engineering-Partner der Automobilindustrie.



Projektleiter Christian Oleff und das Projektteam Daniel Preuß und Michael Hieb (v.l.) präsentieren das ARCA-Projekt.  
Project leader Christian Oleff and team members Daniel Preuß and Michael Hieb (LTR) present the ARCA project.

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

 **Daniel Preuß, M.Sc.**  
E-Mail: [Daniel.Preuss@hni.upb.de](mailto:Daniel.Preuss@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 62 59

## Risk management regarding requirement changes

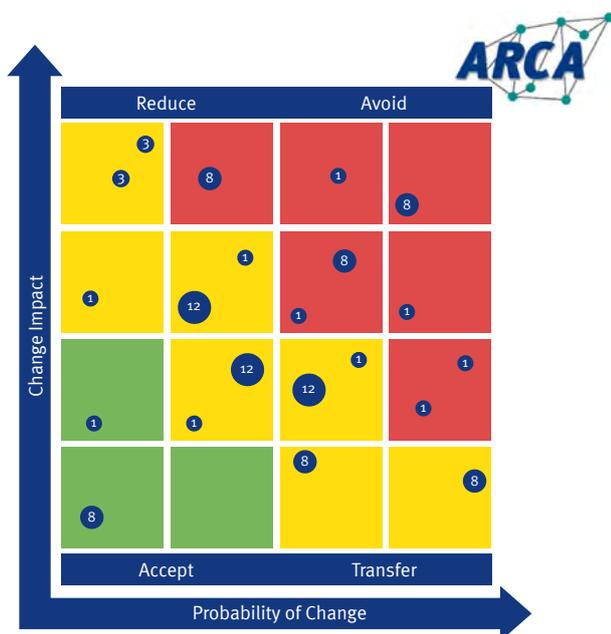
BMBF project “ARCA” of the “Product Creation” workgroup has started

On 1 January 2020, the BMBF-funded project “Automated Requirement Change Analysis for the development of complex technical systems” (ARCA) started. The project is part of the so-called Software Campus which is dedicated to the qualification of IT managers. The project aims at controlling the risk of requirement changes during the ongoing product development more efficiently.

Today's development projects are characterised by high complexity regarding dynamics and uncertainty. Agile working methods and changing conditions require a continuous adaptation of the development goals during development projects. Such adjustments cause iterations in the development. Thus, time delays are generated and costs exceed the scheduled budgets. In the ARCA project, new methods for risk assessment and the control of requirement changes are investigated. For this purpose, artificial intelligence is used for the identification and characterisation of requirement dependencies.

ling of change impulses. For example, preventive measures can be initiated to avoid or reduce change risks. Additionally, the decision on implementing a change can be improved. Two key research questions of the project are: “What are quantifiable criteria for the evaluation of requirements change risk in interdisciplinary, technical development projects?” and “How can dependencies between requirements be (partially) automatically identified?”.

The project is part of a series of research activities of the “Product Creation” workgroup in the context of requirements engineering. The ARCA team builds on the findings of the BMBF project OptiAMix. The project is carried out in cooperation with the project partner IAV GmbH. During the kick-off meeting in February 2020 at their location in Braunschweig, the basis for a successful cooperation was created. IAV GmbH is one of the world's leading engineering partners to the automotive industry and faces precisely those challenges in requirements management that result from the complexity of the systems and the dynamic environment.



Der ARCA-Softwareprototyp ordnet Anforderungen in ein Risikoportfolio ein.  
The ARCA software prototype assigns requirements to a risk portfolio.

The objective of the project is to develop a software prototype that is based on a holistic and practice-oriented method. It will support the development of complex technical systems in a dynamic corporate environment through more efficient requirements engineering. Developers will be enabled to make risk-optimised decisions about the preventive and reactive hand-

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

 **Daniel Preuß, M.Sc.**  
E-mail: Daniel.Preuss@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 59

## Ausgründungsprojekte derioXR und assemblean

Zwei Ausgründungsprojekte der Fachgruppe „Produktentstehung“ erhalten Gründungsförderung

Gleich zwei ambitionierte Ausgründungen der Fachgruppe „Produktentstehung“ erhalten eine Gründungsförderung: derioXR und assemblean. Das VR/AR-Start-up derioXR erhält hierbei eine Förderung über das Programm EFRE Start-up Transfer.NRW. Das Gründungsteam von assemblean wird über das BMWi-Programm EXIST-Forschungstransfer gefördert.

derioXR entwickelt eine Software-Lösung, damit über mehrere Standorte verteilte Mitarbeiter kreativ und intuitiv zusammenarbeiten können. Durch die Reduzierung der Reisezeit und -kosten wird die Flexibilität der Mitarbeiter gesteigert. Auch die Zusammenarbeit verteilt agierender Mitarbeiter aus dem Home-Office wird problemlos möglich.



Alexander Pöhler und Xiaojun Yang mit ihrer Mentorin Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler  
Alexander Pöhler and Xiaojun Yang with their mentor Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

Das Projekt wird hierbei im Rahmen des Programms Start-Up.NRW des „Europäischen Fonds für regionale Entwicklung“ (EFRE NRW) in Höhe von 240.000 Euro für die Dauer von 18 Monaten gefördert. Ziel des Projektes ist es, die technische Realisierbarkeit durch die Entwicklung von Prototypen und die Validierung mit potenziellen Zielgruppen nachzuweisen.

Im Rahmen des Projekts assemblean werden Lösungen entwickelt, um mithilfe von Assistenzsystemen die Effizienz und Liefertreue in der Produktion zu erhöhen. Veränderliche Absatzerwartungen, kürzere Produktlebenszyklen und steigende Produktvarianz erfordern hier neue Lösungen. Ziel ist die Entwicklung einer Plattform, mit der Aufträge auch über Unternehmensgrenzen hinweg kurzfristig umgeplant und verschoben werden können. Hierzu wird ein individualisierbares Assistenzsystem mit umfangreichem Funktionsspektrum entwi-

ckelt, das sowohl einfach in bestehende Produktionssysteme integriert als auch für den Aufbau neuer Montagesysteme genutzt werden kann.

Die Idee zu dieser Entwicklung basiert auf den Forschungsergebnissen aus dem Forschungskolleg „Gestaltung flexibler Arbeitswelten“. Ein besonderer Aspekt bildet deswegen die Einbindung der Beschäftigten in die Entwicklung und Konzepte zur Individualisierbarkeit des Assistenzsystems.

Das Projekt wird über das EXIST-Forschungstransferprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und des Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert. Es ist das erste Mal, dass ein Team der Universität Paderborn eine Förderung in diesem EXIST-Forschungstransferprogramm erhält. Der Förderumfang umfasst 560.000 Euro für die ersten anderthalb Jahre. Ziel des Förderprogramms ist es, Entwicklungsarbeiten zum Nachweis der technischen Realisierbarkeit durchzuführen, Prototypen zu entwickeln, den Businessplan auszuarbeiten und schließlich das Unternehmen zu gründen.



**Patrick Taplick, M.Sc.**

E-Mail: Patrick.Taplick@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 62 65



**Alexander Pöhler, M.Sc.**

E-Mail: Alexander.Poehler@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 62 62



assemblean wird gefördert durch:



derioXR wird gefördert durch:



## Spin-off projects derioXR and assemblean

### Two spin-off projects of the “Product Creation” workgroup receive start-up funding

Two spin-offs of the “Product Creation” workgroup receive funding: derioXR and assemblean. The VR/AR Start-up derioXR receives funding within the EFRE Start-Up Transfer.NRW programme. The founding team of assemblean is supported by the EXIST “Forschungstransfer” programme.

derioXR develops a software solution to enable employees distributed across several locations to work together creatively and intuitively. The flexibility of the employees is increased by reducing travel time and costs. The creative cooperation of distributed employees will become possible from home office without any problems.

The project is supported by the Start-Up.NRW programme of the “European Fund for Regional Development” (EFRE) with the amount of 240,000 euros for a period of 18 months. The aim of the project is to prove the technical feasibility by developing prototypes and validating them with potential target groups.

In the project assemblean, solutions are being developed to use assistance systems to increase efficiency and delivery reliability in production. New solutions are required due to changing sales expectations, shorter product life cycles and increasing product variance. The aim is to develop a platform with which orders can be rescheduled and postponed at short notice, even across company boundaries. Therefore, a customisable assistance system is being developed, which can be easily integrated into existing production systems and also used to set up new assembly systems.

The idea for this development is based on the research results from the Forschungskolleg “Gestaltung flexibler Arbeitswelten”. A special aspect of the project is, therefore, the involvement of the employees in the development and concepts for the individualisation of the assistance system.

The project is funded by the EXIST Forschungstransfer programme of the Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) and the European Social Fund (ESF). This is the first time that a team from the Paderborn University has received funding under the EXIST Forschungstransfer programme. The funding volume comprises 560,000 euros for the first 1 1/2 years. The aim of the funding programme is to carry out development work to prove the technical feasibility, develop prototypes, improve the business plan and finally set up the company.



Patrick Taplick und Gregor Englert präsentieren zusammen mit ihrer Mentorin Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler ein 3-D-Modell des Smart Automation Laboratories.

Patrick Taplick and Gregor Englert together with their mentor Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler present a 3D model of the Smart Automation Laboratory.



Patrick Taplick, M.Sc.

E-mail: Patrick.Taplick@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 62 62



Alexander Pöhler, M.Sc.

E-mail: Alexander.Poehler@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 62 62



assemblean is supported by:



derioXR is supported by:



## Die Welt der Automatisierung im Jahr 2030

Ein Expertengremium erarbeitet Szenarien zur Zukunft der Automatisierung

Wie sieht die Welt der Automatisierung in zehn Jahren aus? Um diese Fragestellung intensiv zu diskutieren, beruft die VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik, kurz GMA, alle fünf Jahre ein Expertengremium ein. Die erarbeiteten Ergebnisse werden als Szenarien und Handlungsempfehlungen in einem gemeinsamen Thesenpapier zusammengeführt und veröffentlicht.

Etwa 13.000 Mitglieder gehören der Fachgesellschaft GMA an, die sich aus Mitgliedern des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und Mitgliedern des Verbandes der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) zusammensetzt. Mit über 60 neuen und überarbeiteten Richtlinien ist dies gleichzeitig die aktivste der zwölf Fachgesellschaften des VDI.

Professorin Iris Gräßler, Leiterin der Fachgruppe „Produktentstehung“ am Heinz Nixdorf Institut, führte in diesem Jahr die Diskussionsrunde zur Zukunft der Automatisierung. In dem vom VDI-Beirat beschlossenen Expertenausschuss fanden sich zwölf Führungspersonen aus Industrie, Wirtschaft und Academia zusammen.

### Wie schauen wir in die Zukunft?

In einem zweitägigen Workshop wurden Themen der Automatisierungstechnik intensiv diskutiert. Dabei wurden insbesondere Cyber-Physische Systeme, die Vernetzung dieser Systeme sowie gesellschaftliche Trends behandelt und vier alternative Zukunftsszenarien erarbeitet. Die methodische Grundlage bildete hierbei die „agile Szenario-Technik“, die von der Fachgruppe „Produktentstehung“ des Heinz Nixdorf Instituts entwickelt wurde. Aus den Einflussfaktoren der Welt der Automatisierung wurden Treibergrößen bestimmt, die das Zukunftsbild wesentlich beeinflussen und beschreiben. Auf Grundlage dieser Treibergrößen erarbeiteten die Experten ihre Zukunftsszenarien. Die Fragestellung „Wie sieht die Welt der Automatisierung in zehn Jahren aus?“ immer im Blick, wurde bei der Vorgehensweise Wert darauf gelegt, vier unterschiedliche, jedoch in sich konsistente Bilder zu erzeugen. So gelingt es, Anwendern und Forschern gleichermaßen einen Blick in die Zukunft der Automation 2030 zu geben.



Die Projektgruppe der Automation 2030  
The Automation 2030 project group

### Wie geht es weiter mit den Zukunftsbildern?

Da nicht jedes Zukunftsbild ein für alle wünschenswertes Szenario darstellt, hat das Expertengremium die Szenarien kritisch reflektiert. Unter dem Leitspruch „Welche Zukunft wünschen wir uns“ wurden die Szenarien analysiert und festgestellt, dass mit einem „Weiter so!“ die wichtigen Trends der Digitalisierung und Automatisierung in Deutschland verschlafen werden. So wurden gemeinsame Handlungsempfehlungen an Industrie und Politik formuliert, um den Trends der Zukunft aktiv zu begegnen. Ziel soll es sein, dass die Ingenieure in Deutschland weiterhin die Treiber der großen Innovationen sind und nicht den Ideen anderer hinterherlaufen.

Im Oktober wurde durch den VDI das entsprechende Thesenpapier in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht.



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

---

## The world of automation in 2030

### A committee of experts develops scenarios for the future of automation

---

What will the world of automation look like in 10 years? In order to discuss this question intensively, the VDI/VDE Society for Measurement and Automation Technology, GMA for short, convenes a panel of experts every five years. The results are compiled and published as scenarios and recommendations for action in a joint thesis paper.

About 13,000 members belong to the GMA professional association, which is made up of members of the Association of German Engineers (VDI) and members of the Association for Electrical, Electronic & Information Technologies (VDE). With more than 60 new and revised guidelines, this is also the most active of the VDI's twelve professional societies.

This year, Professor Iris Gräßler, head of the “Product Creation” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute, led the discussion on the future of automation. The expert committee composed by the VDI advisory board included twelve leading figures from industry, business and academia.



Henrik Thiele erklärt das methodische Vorgehen.  
Henrik Thiele explains the methodical procedure.

#### How do we look into the future?

In a two-day workshop, topics of automation technology were intensively discussed. In particular, Cyber-Physical Systems, networking of these systems and social trends were discussed. Four alternative future scenarios were developed. The methodological basis was the “agile scenario technique” which was developed by the “Product Creation” workgroup at Heinz Nixdorf Institute. From the influencing factors of the world of automation, drivers were determined that significantly influence and describe the future picture. The experts developed their future scenarios based on these driver variables. With the question “What will the world of automation look like in 10

years?” always in mind, the procedure was designed to create four different, yet consistent images. This makes it possible to give users and researchers alike a glimpse into the future of Automation 2030.

#### What is the next step with the images of the future?

Since not every vision of the future is a desirable scenario for everyone, the expert panel critically reflected on the scenarios. Under the motto “What kind of future do we wish for”, the scenarios were analysed. It was found that with a “Keep it up!” the important trends of digitalisation and automation in Germany will be missed. Thus, joint recommendations for action were formulated for industry and politics to actively meet the trends of the future. The aim should be to ensure that engineers in Germany continue to be the drivers of major innovations and do not run after the ideas of others.

In October, the VDI published the corresponding thesis paper in German and English.



Henrik Thiele, M.Sc.

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

Phone: +49 5251 | 60 62 37

---



»» Wenn der Wind der Veränderung weht,  
bauen die einen Mauern und die anderen Windmühlen. ««

Chinesisches Sprichwort

»» When the wind of change blows,  
some build walls and others windmills. ««

Chinese proverb

---

## Stefan Hillebrand

Dipl.-Ing.  
Produktentstehung

---

Seit Anfang Juni dieses Jahres bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Produktentstehung“ tätig. In meinem Forschungsbereich konzentriere ich mich auf das Thema „Smart Hybrid Prototyping“. Mein Ziel ist es, die Produktentstehung durch digitale und virtuelle Hilfsmittel effizienter und schneller gestalten zu können. Schon seit meiner ersten Arbeitsstelle war ich davon fasziniert, technische und betriebswirtschaftliche Themen zu kombinieren, um eine möglichst effiziente Produktentstehung realisieren zu können. Hierbei spielt die rasante Entwicklung der Digitalisierung in unserer Gesellschaft und auch im Maschinenbau natürlich eine entscheidende Rolle.

Im Jahr 2012 beendete ich mein Studium des Maschinenbaus an der Universität Paderborn. Nach meiner Zeit als Diplomand bei der CP autosport GmbH startete ich meine berufliche Karriere bei der Firma IFA Rotorion in Haldensleben bei Magdeburg und wechselte 2014 zurück in meine Heimat Paderborn, um für HDO Druckguß- und Oberflächentechnik zu arbeiten, als Vertriebsingenieur im Außendienst. Aufgrund der ständig steigenden Zahl an unterschiedlichen Produktderivaten wurde mir während dieser Zeit schnell bewusst, wie entscheidend es in Zukunft sein wird, die Entwicklungsphase eines Produktes hinsichtlich kommerzieller und terminlicher Anforderungen zu optimieren. Dies war auch der Grund, warum ich im September 2018 mit einem Bekannten das Start-up FLEX prototyping gründete. Ziel dieser Gründung ist es, über einen Online-Marktplatz die Prototypenbeschaffung zu optimieren, um über ein Netzwerk aus Lohndienstleistern unseren Kunden ständig Zugriff auf freie Kapazitäten zu ermöglichen.

Während der letzten Jahre in der Industrie musste ich jedoch erkennen, wie wenig engagiert oder sogar ängstlich manche Unternehmen sich den Herausforderungen der Digitalisierung gegenüber positionieren. Aus diesem Grund ist es zu meiner Passion geworden, diesen Unternehmen die Angst zu nehmen und die Vorteile digitaler und virtueller Hilfsmittel aufzuzeigen. Dieser Punkt motiviert mich täglich aufs Neue, digitale Werkzeuge zu entwickeln, welche dem Motor der deutschen Wirtschaft ermöglichen, auch weiterhin im globalen Wettbewerb konkurrenzfähig zu bleiben. In diesem Zusammenhang hat mir besonders der Begriff des „Digitalen Darwinismus“ imponiert. Er sagt aus, dass Unternehmen, die nicht in der Lage sind, sich der schnellen Technologieentwicklung anzupassen, auf lange oder kurze Sicht vom Wettbewerb abgehängt werden.

---

## Stefan Hillebrand

Dipl.-Ing.  
Product Creation

---

Since the beginning of June 2020, I have been working as a research assistant at the “Product Creation” workgroup. In my research area, I focus on the topic of “Smart Hybrid Prototyping”. My vision is to be able to make product creation more efficient and faster using digital and virtual tools. Ever since my first job, I was fascinated with combining technical and commercial topics in order to be able to realise the most efficient product creation. The rapid development of digitalisation in our society as well as in mechanical engineering naturally plays a decisive role here.

In 2012, I finished my studies in mechanical engineering at the Paderborn University. After my time as a graduate student at CP autosport GmbH, I started my professional career at IFA Rotorion in Haldensleben near Magdeburg and moved back to my hometown Paderborn in 2014 to work as a sales engineer in the field for HDO Druckguss- und Oberflächentechnik. Due to the constantly increasing number of different product derivatives, I quickly realised during this time how crucial it will be in the future to optimise the development phase of a product with regard to the commercial and deadline requirements. This was also the reason why I founded the start-up company FLEX prototyping with a friend in September 2018. The aim of this foundation is to optimise prototype procurement via an online marketplace in order to give our customers constant access to free capacities based on a network of job manufacturers.

During the last few years in the industry, however, I had to recognise again and again how little committed or even fearful some companies position themselves regarding the challenges of digitalisation. For this reason, it has become my passion to relieve these companies of their fear and to show the advantages of digital and virtual aids. This point motivates me every day to develop digital tools that enable the engine of the German economy to remain competitive in global competition. In this context, I was particularly impressed by the term “Digital Darwinism”. It states that companies that are unable to adapt to rapid technological developments will be left behind by the competition in the long or even short term.

---

# Von Daten zu Wissen und intelligenten Systemen

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

---

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

E-Mail: [eyke@upb.de](mailto:eyke@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 17 71

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

---

# From data to knowledge and intelligent systems

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

---

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

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

Phone: +49 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 vektoriellen Daten arbeiten, ist eine Repräsentation in Form strukturierter Objekte wie Graphen, Sequenzen oder Ordnungen in vielen Anwendungen besser geeignet. Darüber hinaus sind Repräsentationen in Form von Mengen oder Verteilungen wichtig, um Unsicherheit oder Impräzision abzubilden. Die Entwicklung von Lernverfahren für diese Art von Daten ist besonders herausfordernd. Unsere Aktivitäten in diesem Gebiet beinhalten Arbeiten zum maschinellen Lernen für strukturierte und Mehrziel-Vorhersagen, prädiktive Modellierung für komplexe Objekte, schwach überwacht Lernen und das sogenannte Präferenzlernen.

### **Online-Lernen und Datenströme**

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

### **Unsicherheit im maschinellen Lernen**

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

### **Anwendungen**

Trotz eines Schwerpunkts im Bereich der theoretischen und methodischen Grundlagen interessieren wir uns auch für praktische Anwendungen der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens. Gemeinsam mit Kolleg/inn/en 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 deal with extensions or generalisations of the standard setting of supervised learning. For example, while machine learning methods typically assume data to be represented in vectorial form, representations in terms of structured objects, such as graphs, sequences or order relations, appear to be more natural in many applications. Moreover, representations in terms of sets or distributions are important to capture uncertainty and imprecision. Developing algorithms for learning from such kind of data is specifically challenging. Our activities in this field include research conducted on machine learning methods for structured output and multi-target prediction, predictive modelling for complex structures, weakly supervised learning and so-called preference learning.

### Online learning and data streams

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

### Uncertainty in machine learning

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

### Applications

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

### Social and societal implications

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

## Hybrides Ranking und Regression für die Algorithmenselektion

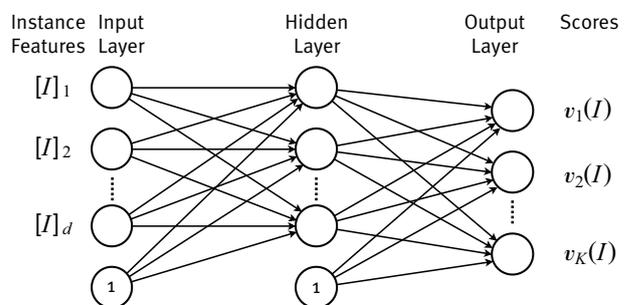
Das Algorithmen-Selektionsproblem (AS) bezeichnet die Aufgabe, automatisch einen Algorithmus aus einer Menge von Algorithmenkandidaten auszuwählen, der für eine gegebene Instanz einer Problemklasse am besten geeignet erscheint. Eine typische Anwendung von AS ist die Auswahl eines Algorithmus für rechenintensive Probleme auf einer pro-Instanz-Basis, z. B. für das Boolesche Erfüllbarkeitsproblems oder das Traveling-Salesman-Problem.

Die Algorithmen-Selektion ist mit dem Problem des On-The-Fly Machine Learning (OTF-ML) verwandt, das als Use Case im Teilprojekt „Konfiguration und Bewertung von Software-Services“ im Rahmen des SFB-901 „On-The-Fly Computing“ dient. Generell können je nach spezifischer Problemklasse unterschiedliche Kriterien für die Bewertung von Algorithmenkandidaten in Betracht gezogen werden. Ein Beispiel von besonderer praktischer Relevanz ist die Laufzeit. Auf der Grundlage von empirischen Laufzeitinformationen, d. h. Beobachtungen von Laufzeiten auf Trainingsinstanzen, wird das AS-Problem typischerweise durch Bereitstellung von Regressionsfunktionen, eine pro Algorithmus, gelöst, um die Laufzeit auf neuen Abfrageinstanzen vorherzusagen. Anhand der Vorhersagen für alle Algorithmen wird dann der vermutlich schnellste Algorithmus ausgewählt. Regressionsbasierte Ansätze erwiesen sich in der Praxis als brauchbar und zeigen sich oft um Größenordnungen besser als die Single Best Solver Strategie, die immer den Algorithmus mit der im Durchschnitt besten Performance wählt. Dennoch kann der Regressionsansatz kritisiert werden, vor allem deshalb, weil er ein unnötig schwieriges Problem löst: Letztlich ist man (lediglich) daran interessiert, die Algorithmen gemäß ihrer Performance zu reihen, also ein Ranking-Problem zu lösen, und obwohl die Probleme eng verwandt sind, impliziert ein geringer Regressionsfehler nicht notwendigerweise eine optimale Ranking-Performance.

Daher schlagen wir die Verwendung eines hybriden Ansatzes vor, der Regression und Ranking kombiniert (auch bekannt als „Learning to Rank“, ein Problem, das im Präferenzlernen auftritt). Zu diesem Zweck modellieren wir die Leistung jedes Kandidatenalgorithmus in Form einer reellwertigen Score-Funktion. Die Score-Funktion steht in direkter Korrespondenz mit dem Leistungsmaß (Laufzeit), ist aber nicht notwendigerweise mit ihr identisch. Das Gesamtbewertungsmodell ordnet einem Paar, bestehend aus Probleminstanz und Algorithmus, den Score dieses Algorithmus für diese Instanz zu. Eine hybride Verlustfunktion kann nun eine parametrisierte konvexe Kombination aus einem Rangterm verwenden, der Ordnungsbeschränkungen zwischen den einzelnen Vorhersagen der Algo-

rithmen-Scores darstellt, und einem Regressionsterm, der einzelne Vorhersagen mit der tatsächlichen Laufzeit in Beziehung setzt, die ein Algorithmus für die jeweilige Instanz erreicht.

Zur Modellierung der Scoring-Funktionen kann ein neuronales Netz (Standard Feed-Forward) genutzt werden, das mit Backpropagation und stochastischem Gradientenabstieg anhand der empirischen Daten trainiert wird. Experimentelle Studien zeigen, dass der hybride Ansatz oft reinen Regressions- und reinen Rankingmethoden überlegen ist.



Neuronales Netz zur Bestimmung der Algorithmen-Scores für eine neue Probleminstanz I  
Neural network for the prediction of algorithm scores given a new problem instance I



**Jonas Hanselle, M.Sc.**

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

Telefon: +49 5251 | 60 33 61



Gefördert durch: Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“, Teilprojekt B2

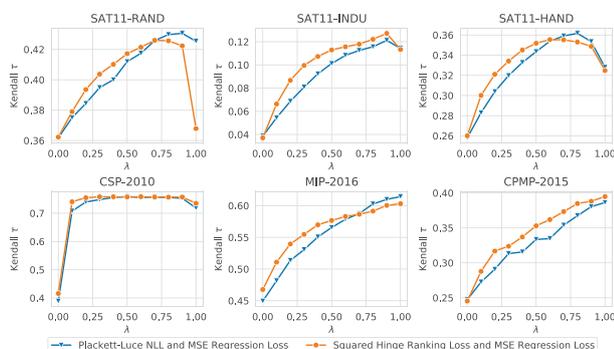
## Hybrid ranking and regression for algorithm selection

Algorithm selection (AS) refers to the task of automatically selecting an algorithm from a set of candidate algorithms, which appears to be most suitable for a given instance of a problem class. A typical application of AS is the selection of one of the available solvers for computationally hard problems on a per-instance basis, e.g. in the case of the Boolean satisfiability problem or the travelling salesman problem.

The algorithm selection is related to the problem of On-The-Fly Machine Learning (OTF-ML), that serves as a use case in the subproject “Configuration and Evaluation of Software Services” in the context of the CRC-901 “On-The-Fly Computing”. In general, different criteria for the evaluation of candidate algorithms can be considered depending on the specific problem class. A criterion of particular practical relevance is runtime. On the basis of empirical runtime information, i.e. observations of the runtimes on training instances, the AS problem is typically tackled by fitting regression functions, one per algorithm, to predict the runtime on new query instances. In collecting the

way of doing so, but strictly speaking, strong performance in regression is not the same as strong performance in ranking.

Therefore, we propose the use of a hybrid approach to algorithm selection that combines regression with ranking (also known as learning to rank, a problem that has recently been studied in the realm of preference learning). To this end, we model the performance of each algorithm in the candidate set in terms of a scoring function assigning real valued scores to instances. The scoring function is in direct correspondence with the performance measure, although not necessarily the same. The overall scoring model assigns to instance-algorithm pairs the score of that algorithm for this instance. Hybrid loss functions can be based on a parametrised convex combination of a ranking term that imposes ordering constraints between the individual predictions of algorithm scores and a regression term that relates individual predictions to the actual runtime achieved by an algorithm on the respective instance.



Evaluation für sechs Problemstellungen mit „Kendall’s tau“ (1 = perfekte Übereinstimmung, -1 = entgegengesetzte Ordnung) und zwei Verlustfunktionen, parametrisiert durch  $\lambda$  (0 = reines Regressionsmodell, 1 = reines Rankingmodell, sonst hybrider Ansatz)

Evaluation for six problem settings using “Kendall’s tau” (1 = perfect order, -1 = opposite order) and two loss functions parametrised by  $\lambda$  (0 = pure regression model, 1 = pure ranking model, hybrid approach otherwise)

predictions for all algorithms, the presumably fastest one is then selected. Regression-based approaches proved to perform well in practice, often improving over the single best solver (SBS) strategy, which always takes the algorithms that performs best on average, by orders of magnitude. Yet, regression could be criticised for solving a problem that is unnecessarily difficult, and to some extent even misspecified: Eventually, one is (only) interested in ranking the algorithms from the presumably best to the presumably worst. Predicting runtimes is one

A neural network (standard feed-forward) can be used to model the scoring functions. This network is trained with backpropagation and stochastic gradient descent based on the empirical data. Experimental studies show that the hybrid approach is often superior to pure regression and pure ranking methods.



Jonas Hanselle, M.Sc.  
 E-mail: Jonas.Hanselle@upb.de  
 Phone: +49 5251 | 60 33 61



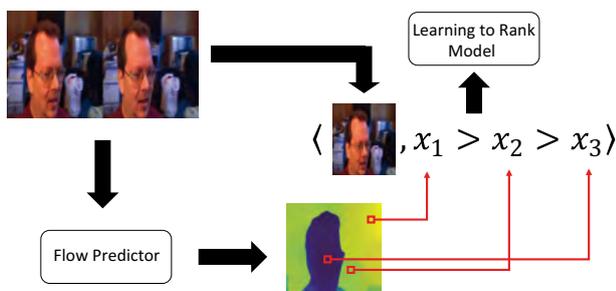
Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, Subproject B2

## Schwach überwachte Tiefenschätzung in monokularen Bildern

Die Vorhersage von Tiefe in einzelnen monokularen Bildern stellt für ein 3-D-Szenenverständnis eine wichtige Teilkomponente dar. Während herkömmliche Verfahren meist präzise metrische Informationen zum Trainieren von Tiefenschätzungsmodellen verwenden, betrachten wir im Rahmen unseres Projektes Ansätze, die auf Basis schwächerer Überwachung, etwa in Form von unpräzisen Werten in Toleranzbereichen oder Punktrelationen, trainiert werden.

### Tiefenschätzung in monokularen Bildern auf Basis unpräziser und beschränkter Daten

Zur Prädiktion von Tiefe in Bildern werden üblicherweise durch Sensoren erzeugte Tiefenkarten, bspw. mittels LiDAR oder Kinect, als Grundwahrheiten herangezogen. Dabei liefern die Sensoren nur innerhalb gewisser Toleranzbereiche präzise Daten, sodass die wahren Werte innerhalb von Intervallen angenommen werden müssen, nicht aber der genaue Wert bekannt ist. Zudem ist durch maximale Sensorreichweiten, die die erfassbaren Tiefendistanzen beschränken, die Diversität der zum Training heranziehbarer Szenen beschränkt, da sich die Sensoren dadurch in der Regel nicht für weitreichende Outdoor-Szenen eignen.



Schematische Beschreibung der Konstruktion von relativen Trainingsinformationen auf Basis pseudo-metrischer Daten (extrahiert durch Flow Prediction) zum Erlernen von Rankingmodellen

Schematic description of the construction of relative training information extracted from pseudo-metric data (extracted by flow prediction) to induce learning to rank models

### Superset Learning auf unpräzisen Daten

Herkömmliche maschinelle Lernverfahren berücksichtigen Ungenauigkeit in Zielwerten, wie etwa die Toleranzintervalle der Tiefensensoren, im Allgemeinen nicht, vielmehr werden die gegebenen präzisen, möglicherweise verzerrten Werte als Grundwahrheit angenommen. In der Literatur hat sich daher das sogenannte Superset Learning etabliert, das Generalisierungen von Lernverfahren auf Observations in Form von Mengen anstelle von einzelnen Werten anbietet. Wir benutzen derartige Methoden für das Problem der monokularen Tiefenschätzung, um bspw. die mit steigender räumlicher Tiefe

zunehmende Ungenauigkeit der Sensorwerte explizit zu modellieren, und schlagen Modellanpassungen vor, die anstelle von präzisen Werten aus Intervallen lernen.

### Pseudo-metrische Daten zum Erlernen von Tiefenrankings

Für Anwendungen, in denen die Anordnung von Elementen auf Bildern hinsichtlich der Tiefe von Relevanz ist, bieten sich Ansätze zum Erlernen von Rankings an, die sich auf Basis schwächerer Information trainieren lassen, bspw. Tiefenrelationen in der Form „näher / weiter entfernt zur Kamera“ zwischen einzelnen Punkten. Da die Konstruktion solcher Relationen lediglich relativer Tiefenverhältnisse zueinander bedarf, nicht jedoch exakte Werte, lassen sich auch pseudo-metrische Daten nutzen. In der Literatur wurden Datensätze vorgeschlagen, die bspw. aus Bewegungen von Objekten in Videos solche pseudo-metrischen Tiefenkarten erzeugen, wodurch die Diversität erhöht werden kann, da die maximal erfassbare Tiefenreichweite nicht beschränkt wird und somit beliebige Szenen herangezogen werden können. In einer aktuellen Arbeit nutzen wir derartige Datensätze, um ein tiefes neuronales Netz zur Prädiktion von Tiefenrankings zu trainieren, welches State-of-the-Art-Performance für die Reihungen von Bildpunkten hinsichtlich ihrer Tiefe bietet.



**Julian Lienen, M.Sc.**

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

Telefon: +49 5251 | 60 33 45



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

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

---

## Weakly-supervised depth estimation in monocular images

---

Predicting depth in single monocular images constitutes a crucial component to understand 3D scenes. While common approaches typically utilise precise metric information to train depth estimation models, we consider approaches to learn from weaker supervision within our project, e.g. on the basis of imprecise values within the tolerance bounds or point relations.

### Depth estimation in monocular images on the basis of imprecise and constrained data

Standard depth estimation approaches learn from dense depth maps that are generated by depth sensors, e.g. by LiDAR or Kinect, which serve as ground truth. However, the sensors only provide precise data within certain tolerance ranges, so that the true values must be assumed within intervals, but the exact value is not known. In addition, maximum sensor ranges, which constrain the depth distances that can be measured, limit the diversity of captured scenes. For instance, such sensors are generally not suitable for spacious outdoor scenes.

### Superset learning on imprecise data

Conventional machine learning methods generally do not take imprecision in the target values, such as the tolerance intervals of depth sensors, explicitly into account; rather, the given precise, possibly distorted values are assumed as ground truth. In the literature, the so-called superset learning has been established as generalisations of traditional approaches to learn from sets instead of single values. We use the methods of this field for the problem of monocular depth estimation, e.g. to explicitly model the increasing inaccuracy of sensors with growing spatial depth as individual intervals and propose model adaptations that learn from such intervals instead of precise values.

### Pseudo-metric data to learn depth rankings

For applications in which the depth-wise order of individual elements on images is of interest, approaches that learn to rank naturally suggest themselves. Models of this kind typically allow one to learn from weaker supervision, such as depth relations of the form “closer/further away from the camera” between individual points. Since the construction of such relations only requires relative depth information, but not exact values, pseudo-metric depth information is sufficient. In the literature, datasets providing pseudo-depth annotations have been proposed, e.g. by predicting the flow of objects in videos, which serves as a basis to infer disparity maps between frames. Thereby, the maximum detectable depth range is not limited, which allows one to incorporate arbitrary scenes, including spacious outdoor scenes. In a recent study, we use these data to train a deep neural network for the prediction of depth rankings, which offers state-of-the-art performance for the ranking of pixels with respect to their depth.



**Julian Lienen, M.Sc.**

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

Phone: +49 5251 | 60 33 45



Supported by: German Research Foundation (DFG)

Project partners: Prof. Dr. Ralph Ewerth (L3S Research Center, Leibniz University Hannover)

---



Exemplarische Tiefenannotationen für gegebene monokulare Bilder, aus denen gelernt wird.  
Exemplary depth annotations for the given monocular images to learn from.

## InterGramm: Interaktive Grammatikanalyse historischer Texte

### Adaptive Annotationsverfahren zur Erschließung des Sprachausbaus im Mittelniederdeutschen

Dieses Projekt untersucht den Sprachausbau des Mittelniederdeutschen vom 13. Jahrhundert bis zum Schreibsprachenwechsel im 16./17. Jahrhundert, mit dem das Mittelniederdeutsche seine Geltung als Schriftsprache an das Frühneuhochdeutsche verliert. Es leistet damit einen Beitrag zur Rekonstruktion der bislang erst punktuell untersuchten grammatischen Entwicklung des Mittelniederdeutschen als historische Schriftsprache.

Die Untersuchung konzentriert sich auf städtische Rechtssatzungen, da sich mutmaßlich gerade in der Rechtsschriftlichkeit sprachliche Ausbauprozesse finden lassen, um komplexe Rechtssachverhalte besser in allen rechtsrelevanten Aspekten kontextentbunden explizieren zu können. Eine weitere wichtige Eigenschaft von Rechtssatzungen ist, dass diese sowohl lokalisier- als auch datierbar sind, sodass sich eine zeiträumliche Entwicklungsdynamik des Sprachausbaus nachzeichnen lässt.

Aufgrund der historischen Dynamik der Grammatik können Grammatiken bzw. grammatische Kategorien nicht statisch (a priori) modelliert werden, wie es sonst bei existierenden Parsing- und Tagging-Verfahren der Computer- bzw. Korpuslinguistik üblich ist. Eine sich diachron entwickelnde, dynamische Grammatik geht mit gewissen Phänomenen der Unsicherheit bzw. Unschärfe einher. So können Wörter in ihrer Funktion unterschiedlich gute Vertreter einer Kategorie der Grammatik sein (Gradienz) oder der Grad der Zugehörigkeit zu einer Kategorie kann über die Zeit zu- oder abnehmen (Gradualität). In der Abbildung ist eine Übersicht dieser Definitionen und eine Zuordnung dargestellt. Diese Phänomene zu „entdecken“ und somit auf diese Weise den Sprachwandel evidenzbasiert zu rekonstruieren ist ein Novum in der bisherigen Forschung.

Im Rahmen des Projektes wurde dazu ein interaktives Verfahren entwickelt, welches maschinelles Lernen und Expertenfeedback kombiniert und das Arbeiten mit dem Korpus über eine webbasierte Grafikoberfläche ermöglicht.



**Marcel Wever, M.Sc.**

E-Mail: Marcel.Wever@upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 33 52



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Projektpartner: Prof. Dr. Doris Tophinke (Universität Paderborn), Prof. Dr. Michaela Geierhos (UniBW München)

Als Grundlage für eine angemessene Modellierung von Unsicherheiten wurden die Definitionen der Unsicherheit aus der Linguistik mit solchen aus der Mathematik verknüpft und dadurch geeignete Modelle zur Repräsentation unterschiedlicher Formen von Unsicherheit, die bei der Annotation von (historischen) Korpora auftreten können, entwickelt. Unsicherheitsarten lassen sich grob in Unsicherheiten des Annotierenden und Unsicherheiten, die den Texten selbst innewohnen, unterscheiden. In dem entwickelten Software-Tool wird es dem Annotierenden ermöglicht, die eigenen und die Unsicherheiten im Material getrennt zu dokumentieren. Weiterhin wurden maschinelle Verfahren entwickelt, die ihre Unsicherheit dem menschlichen Annotierenden gegenüber sichtbar machen und dazu verwenden, die Menge plausibler Kategorien zur Annotation einzuschränken.

	Der	nachfolgende	Abschnitt	handelt	vom	in	die	Stadt	fahren
POS level	DDART	ADJA < VVPS	NA	VVFIN	APPR	APPR	DDART	NA	?
Syntagma level	NP					?			

Beispiel für zwei unterschiedliche Interpretationen eines Satzes auf POS bzw. Syntagma Level  
Example for two different interpretations of a German sentence on the POS and syntagma levels, respectively

## InterGramm: Interactive grammar analysis of historical texts

### Adaptive annotation methods for the exploration of language expansion in Middle Low German

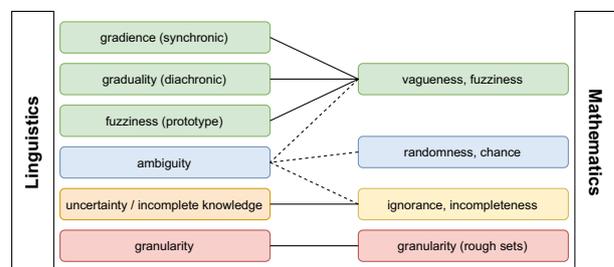
This project examines the linguistic development of Middle Low German from the 13th century to the change of writing language in the 16th/17th century, with which Middle Low German lost its validity as a written language to Early New High German. Therefore, it makes a contribution to the reconstruction of the grammatical development of Middle Low German as a historical written language, which has so far only been selectively investigated.

The research concentrates on municipal statutes, since it is assumed that linguistic expansion processes can be found especially in legal writing in order to better explain complex legal issues in all the legally relevant aspects in a context-bound manner. A further important characteristic of legal statutes is that they can be localised and dated, so that a time-spatial developmental dynamic of language expansion can be traced.

Due to the historical dynamics of grammar, grammars or grammatical categories cannot be modelled statically (a priori), as is usually the case with existing parsing and tagging procedures in computer or corpus linguistics. A diachronically developing, dynamic grammar is accompanied by certain phenomena of uncertainty or fuzziness. For example, words can be functionally different representatives of a category of grammar (gradient) or the degree of belonging to a category can increase or decrease over time (graduality). The figure shows an overview of these definitions and an assignment. To “discover” these phenomena and thus to reconstruct a language change in an evidence-based way is a novelty in previous research.

Within the framework of the project, an interactive procedure was developed that combines machine learning and expert feedback and allows for working with the corpus via a web-based graphical interface.

As a basis for an appropriate modelling of uncertainties, the definitions of uncertainty from linguistics were combined with those from mathematics, thus providing suitable models for modelling different types of uncertainty that can occur in the annotation of (historical) corpora. Uncertainty types can be roughly distinguished into the uncertainties of the annotator and uncertainties inherent in the texts themselves. The developed software tool enables the annotator to separately explicate the own and the uncertainties in the material. Furthermore, automatic procedures have been developed to make their uncertainty visible to the human annotator and to limit the number of plausible categories for annotation.



Zuordnung verschiedener Unsicherheitsbegriffe in der Linguistik (links) und der Mathematik (rechts)

Mapping of the different notions of uncertainty in linguistics (left) and mathematics (right)



Marcel Wever, M.Sc.

E-mail: Marcel.Wever@upb.de

Phone: +49 5251 | 60 33 52



Supported by: German Research Foundation (DFG)

Project partners: Prof. Dr. Doris Tophinke (Paderborn University), Prof. Dr. Michaela Geierhos (UniBW Munich)



»» Es ist immer noch Magie,  
selbst wenn man weiß, wie es funktioniert. ««

»» It's still magic  
even if you know how it's done. ««  
Terry Pratchett in "A Hat Full of Sky"

---

## Helena Graf

M.Sc.  
Intelligente Systeme und maschinelles Lernen

---

Seit August 2020 bin ich wissenschaftliche Mitarbeiterin der Fachgruppe „Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen“ von Professor Eyke Hüllermeier. Der Weg dahin begann für mich 2014 mit meinem Informatikstudium an der Universität Paderborn, wobei die Entscheidung für die Informatik erst relativ spät fiel. Dadurch verließ ich nach einem sprachlich fokussierten Abitur meine Heimatstadt Hameln zwar nicht optimal vorbereitet, dafür aber umso motivierter. Den Großteil meines Bachelor- und Master-Studiums absolvierte ich an der Universität Paderborn, ausgenommen von einem Auslandsjahr, welches ich am University College London verbrachte.

Während des Studiums zeichnete sich schnell ab, dass ich auch nach dem Abschluss Interesse hätte, im akademischen Umfeld zu bleiben, sodass ich an dem Programm „PerspektiveM“ der Universität für Studentinnen mit Promotionsinteresse teilnahm. Neben anderen Vorteilen ermöglichte mir dieses, einem Workshop des Sonderforschungsbereich 901 „On-The-Fly Computing“ beizuwohnen, wo ich erste Kontaktpunkte zu der Fachgruppe von Professor Hüllermeier knüpfen konnte. Nach meiner Bachelorarbeit in selbiger Fachgruppe beschäftigte ich mich auch im darauffolgenden Masterstudium schwerpunktmäßig mit künstlicher Intelligenz, wobei der Fokus auf dem Präferenzlernen lag.

Aktuell arbeite ich im Projekt ARISE – ARTificial Intelligence in der Produktionsplanung und -Steuerung – zusammen mit verschiedenen Forschungspartnern daran, einen Rahmenplan für die Integration von künstlicher Intelligenz in die Produktionsplanung und -steuerung für kleine und mittelständische Unternehmen zu entwickeln. Dabei liegt der Schwerpunkt darauf, Methoden des Präferenzlernens, der datengetriebenen Optimierung und der Integration von Expertenwissen zu verwenden. Weiterhin beschäftige ich mich mit präskriptivem Maschinellen Lernen, d. h. der besonderen Situation, in welcher gelernte Modelle Handlungsvorschläge geben.

In meiner Freizeit bestimmt Vielfalt den Ton. Sportlich bin ich gerne beim Karate oder Yoga aktiv oder gehe im Urlaub auf Tauchgang. Außerdem kann ich mich für Simulationsspiele, ein gutes Buch (z. B. Fantasy oder Science-Fiction) und meine ständig wachsende Pflanzensammlung begeistern. Dabei macht es immer am meisten Spaß, wenn auch Freunde oder Familie dabei sind. Dann und wann spiele ich auch gerne etwas auf der Geige.

---

## Helena Graf

M.Sc.  
Intelligent Systems and Machine Learning

---

Since August 2020, I have been a research assistant in the “Intelligent Systems and Machine Learning” workgroup under the direction of Professor Eyke Hüllermeier. The way to get there began for me in 2014 with my studies of computer science at the Paderborn University. Since the decision for computer science was made relatively late, I left my hometown Hameln after a language focused high school diploma, not optimally prepared but all the more motivated. Apart from a year abroad at University College London, I stayed in Paderborn for my Bachelor and Master of Computer Science degrees.

During my studies, it quickly became apparent that I was interested in staying in an academic environment after graduation, so I took part in the university’s “PerspektiveM” programme for female students interested in pursuing a doctoral degree. Among other advantages, this enabled me to attend a workshop of the Collaborative Research Centre 901 “On-The-Fly Computing”, where I was able to establish my first contacts with Professor Hüllermeier’s workgroup. After my bachelor’s thesis in the same workgroup, I continued to focus on artificial intelligence in the subsequent master’s programme, with an emphasis on preference learning.

Currently, I am working together with various research partners to develop a framework for the integration of artificial intelligence into production planning and control for small and medium sized companies in the ARISE project (ARTificial Intelligence of Production Planning and Control). The focus here is on using methods of preference learning, data-driven optimisation and the integration of expert knowledge. Furthermore, I deal with prescriptive machine learning, i.e. the special situation in which a learned model provides suggestions for actions.

In my spare time, diversity sets the tone. I like to be active doing karate, yoga or scuba-diving. Apart from that, I enjoy simulation games, a good book (e.g. fantasy or science fiction) and my constantly growing plant collection. These activities are the most fun when done with friends and family, of course. From time to time, I also like to play the violin.

---

# Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy

---

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

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

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

 **acatech**

MITGLIED VON

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



---

## High performance = Innovative computer systems + Efficient algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy

---

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

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

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

 **acatech**

MEMBER OF **GERMAN ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING**



---

## Fachgruppe Algorithmen und Komplexität

---

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

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

### Ressourcenmanagement

Viele moderne Anwendungen werden in absehbarer Zeit so viele Daten generieren, dass eine Platzierung des entsprechenden Services nah am Nutzer unumgänglich wird. Um die Platzierungskosten dieser Services gering zu halten, beschäftigen wir uns mit der effizienten Anpassung der Platzierung einer festen Menge von Ressourcen, um die Anfragekosten zu minimieren. Ein Schwerpunkt ist aktuell die Untersuchung von Szenarien, in denen unterschiedliche Services angeboten und nachgefragt werden können. Insbesondere das Anbieten mehrerer Services an einer Stelle und die Nachfrage nach Kombinationen von Services macht die Frage herausfordernd, zu entscheiden, wo welche Kombinationen angeboten werden sollen.

### Scheduling

In modernen heterogenen Rechenzentren gewinnt Scheduling, also das Verteilen von Aufgaben auf Ressourcen, mehr und mehr an Bedeutung. In unserer Fachgruppe entwickeln und analysieren wir Schedulingalgorithmen, die die Nutzung von Ressourcen in großen Rechenzentren effizient und zugleich mit beweisbar guter Qualität organisieren. Derzeit liegt dabei ein besonderer Fokus auf der Frage, wie eine Kombination aus einem ressourcenbeschränkten Server und einer Cloud effizient und kostengünstig genutzt werden kann.

### Lokale Strategien für Roboterschwärme

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

### Algorithmische Grundlagen der Computergrafik

Um in einer virtuellen dreidimensionalen Welt zu navigieren und einen realistischen Eindruck zu erwecken, werden hohe Anforderungen an Datenstrukturen und Algorithmen gestellt, mit denen solche Welten verwaltet und als Bilder dargestellt werden. Wir konzentrieren uns auf die Entwicklung von Algorithmen, die eine approximative Darstellung der virtuellen Welt in Echtzeit berechnen können, abhängig von der Position und Blickrichtung des Betrachters. Ein derzeitiger Schwerpunkt ist die Entwicklung von sog. progressivem Sampling, das es erlaubt, das Clustern von zusammengehörigen geometrischen Primitiven effizient auf der Grafikkarte zu erledigen.

### Umgang mit Dynamik: Dynamische Datenstrukturen für Graphenprobleme

Um Anfragen an Graphen - gebe z. B. einen kürzesten Weg von A nach B, den Durchmesser oder einen minimalen Schnitt im Graphen an - zu beantworten, sind geschickte Datenstrukturen notwendig. Besonders herausfordernd wird die Aufgabe, wenn sich der Graph über die Zeit verändert und die Datenstruktur daher ständig angepasst werden muss. Aktuell haben wir eine solche sog. dynamische Datenstruktur für die Berechnung minimaler Schnitte entwickelt.

---

## Workgroup Algorithms and Complexity

---

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

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

### **Resource management**

Many modern applications will generate so much data in the foreseeable future that it will be essential to place the corresponding service close to the user. In order to keep the placement costs of these services low, we are working on the efficient adjustment of the placement of a fixed amount of resources in order to minimise the costs of incoming requests. One focus is currently the investigation of scenarios in which different services can be offered and demanded. In particular, offering several services in one place, and the demand for combinations of services makes it challenging to decide which combinations should be offered and where.

### **Scheduling**

In modern heterogeneous data centres, scheduling, i.e. the distribution of tasks among resources, is becoming more and more important. We develop and analyse scheduling algorithms that efficiently manage the usage of resources in huge computing centres while guaranteeing provably good performance. Currently, a special focus is on the question of how a combination of a resource-limited server and a cloud can be used efficiently and cost-effectively.

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

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

### **Algorithmic foundations of computer graphics**

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. A current focus is the development of so-called progressive sampling, which allows the clustering of related geometric primitives to be done efficiently on the graphics card.

### **Handling dynamics: dynamic data structures for graph problems**

In order to answer graph queries – e.g. the shortest path from A to B, the diameter or a minimal cut in the graph - clever data structures are necessary. The task becomes especially challenging when the graph changes over time and the data structure must, therefore, be constantly adapted. We have developed such a so-called dynamic data structure for the calculation of minimal cuts.

## Lokale Strategien für autonome Roboterschwärme

Wir betrachten Schwärme von autonomen Robotern, die ein Gebiet ohne Infrastruktur erkunden sollen. Ohne vorhandene Infrastruktur sind bereits einfache Formationsaufgaben, wie das Bilden einer Linie, nicht trivial. Wir entwerfen effiziente Algorithmen für solche Formationsprobleme und analysieren ihre Laufzeit.

### Maximierung einer Kommunikationskette

Eines der Formationsprobleme für einen Roboterschwarm ist das Bilden einer langen Linie. Da auf entfernten Planeten (z. B. dem Saturnmond Titan) keine Infrastruktur (wie ein GPS System oder ein Mobilfunknetz) existiert, müssen die Roboter ein eigenes Kommunikationsnetzwerk bilden, um den Planeten zu erkunden. Dies wird in der Regel über sogenannte Relay-Roboter gemacht, welche zwei explorierende Roboter verbinden und so die Kommunikation zwischen diesen ermöglichen. Damit die explorierenden Roboter möglichst viel der Planetenoberfläche erkunden können, ist es wichtig, ihre Distanz zu maximieren und dabei das Kommunikationsnetzwerk aufrechtzuerhalten.

Wir haben für dieses Problem Algorithmen in zwei verschiedenen Zeitmodellen entworfen. Wenn die Roboter in vollständig synchronen Runden agieren und bereits auf einer geraden Linie positioniert sind (diese also nur noch maximieren müssen), können wir zeigen, dass dieses Problem in einer Anzahl von Runden, die quadratisch von der Anzahl der Roboter abhängen, gelöst werden kann. Sind die Roboter allerdings initial nicht auf einer geraden Linie, gibt es Konfigurationen, in denen unser Algorithmus beliebig hohe Laufzeit hat. Interessanterweise können wir diese Situationen in einem kontinuierlichen Zeitmodell (nicht rundenbasiert) vermeiden. Die Haupteigenschaft, die dazu führt, dass die beliebig hohe Laufzeit vermieden werden kann, ist auf den ersten Blick kontraintuitiv: Die explorierenden Roboter bewegen sich wesentlich langsamer als alle anderen Roboter.

In Zukunft wollen wir erforschen, unter welchen Umständen die beliebig hohe Laufzeit im vollsynchronen Modell vermieden werden kann. Hierfür könnten zum Beispiel lokal sichtbare Zustände (wie beim Versammlungsproblem) genutzt werden.

### Versammlungsprobleme

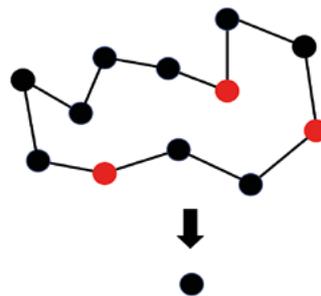
Die Grundlage vieler Koordinationsaufgaben für einen Schwarm von Robotern liegt darin, weit entfernte Roboter zu versammeln. Wir untersuchen das Versammeln eines Roboterschwarms auf einem Punkt. Der Einfachheit halber nehmen wir an, dass Roboter punktförmig sind und keine Ausdehnung



Jannik Castenow, M.Sc.

E-Mail: Jannik.Castenow@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 64 20



Die Kette von Robotern wird mittels lokal sichtbarer Zustände auf einem Punkt versammelt.

The chain of robots is gathered on a point using locally visible states.

haben. Ein besonderer Fokus unserer Forschung liegt auf der Effizienz von Algorithmen für das Versammlungsproblem hinsichtlich ihrer Laufzeit. Wenn Roboter in synchronen Runden agieren und keinen persistenten Speicher besitzen, ist bekannt, dass die Roboter durch den folgenden Algorithmus versammelt werden können: Jeder Roboter bewegt sich in jeder Runde in Richtung des Zentrums des kleinsten umschließenden Kreises seiner Nachbarschaft. Die Laufzeit dieses Algorithmus hängt quadratisch von dem Durchmesser des Schwarms ab. In unserer aktuellen Forschung untersuchen wir den oben beschriebenen Algorithmus genauer: Welche Eigenschaft des Algorithmus führt zu dieser Laufzeit? Gibt es andere Algorithmen, welche die gleiche Laufzeit haben? Wenn ja: Was haben diese Algorithmen gemeinsam?

Eine weitere zentrale Frage unserer Forschung ist: Kann man die Roboter auch schneller auf einem Punkt versammeln? Aktuell wird vermutet, dass dies für Roboter ohne persistenten Speicher nicht möglich ist. Zuletzt konnten wir zeigen, dass eine konstante Anzahl an lokal sichtbaren Zuständen (z. B. Lampen in verschiedenen Farben) dazu genutzt werden kann, eine Kette von Robotern schneller zu versammeln: Die Laufzeit des Algorithmus hängt linear von der Anzahl der Roboter ab. In Zukunft wollen wir untersuchen, ob dies auch für allgemeine Schwärme (ohne Ketteneigenschaft) möglich ist.

---

## Local strategies for autonomous robot swarms

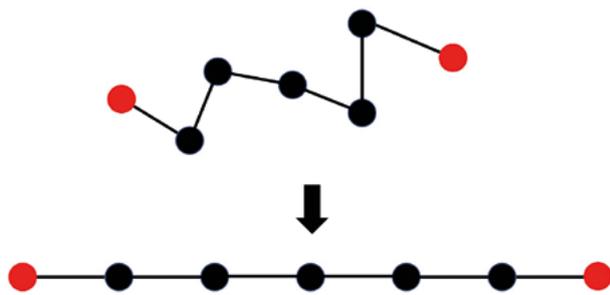
---

We consider swarms of autonomous, mobile robots, which are supposed to explore an unknown area devoid of infrastructure. Without existing infrastructure, even simple formation tasks, such as forming a line, are not trivial. We design efficient algorithms for such formation problems and analyse their runtime.

### Maximisation of a communication chain

One of the formation tasks for a swarm of robots is the formation of a long line. Since there is no infrastructure (like a GPS system or a mobile phone network) on distant planets (e.g. Saturn's moon Titan), the robots have to form their own communication network to explore the planet. This is usually done by so-called relay robots, which connect two exploring robots and thus enable communication between them. In order for the exploring robots to explore as much of the planet surface as possible, it is important to maximise their distance while maintaining the communication network.

We have designed algorithms for this problem in two different time models. If the robots act in fully synchronous rounds and are already positioned on a straight line (i.e. they only have to maximise it), we can show that this problem can be solved in a number of rounds that depends quadratically on the number of robots. However, if the robots are not initially positioned on a straight line, there are configurations in which our algorithm has an arbitrarily high runtime. Interestingly, we can avoid these situations in a continuous time model (not round based). The main property that leads to the avoidance of the arbitrarily high runtime is at first sight counterintuitive: the exploring robots move much slower than all other robots.



Die obere Kette soll durch Bewegungen der Roboter in die untere überführt werden.  
The upper chain should be transformed into the lower one by the movements of the robots.

In the future, we want to investigate under which circumstances the arbitrarily high runtime in the fully synchronous model

can be avoided. For this purpose, for example, locally visible states (like in the gathering problem) could be used.

### Gathering of robots

The foundation of many coordination tasks for a swarm of robots is to bring together distant robots. We investigate the gathering of a swarm of robots on a single point. For simplicity, we assume that robots are point shaped and have no extent. A special focus of our research is the efficiency of algorithms for the gathering problem regarding their runtime. If robots act in synchronous rounds and have no persistent memory, it is known that robots can be gathered by the following algorithm: Each robot moves in every round towards the centre of the smallest enclosing circle of its neighbourhood. The runtime of this algorithm depends quadratically on the diameter of the swarm. In our current research, we investigate the algorithm described above in more detail: Which property of the algorithm leads to this runtime? Are there other algorithms that have the same runtime? If so: what do these algorithms have in common?

Another central question of our research is: Is it possible to gather the robots faster on a single point? Currently, it is conjectured that this is not possible for robots without persistent memory. Recently, we could show that a constant number of locally visible states (e.g. lights in different colours) can be used to gather a chain of robots faster: The runtime of the algorithm depends linearly on the number of robots. In the future, we want to investigate whether this is also possible for general swarms (without chain property).



Jannik Castenow, M.Sc.  
E-mail: Jannik.Castenow@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 20

---

## Algorithmen für Computergrafik

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

### Mesh Clustering basierend auf Progressivem Sampling

Clustering von 3-D-Oberflächen ist eine wichtige Technik in der Computergrafik mit vielen Anwendungen. Das Ziel dabei ist es, die Dreiecke eines 3-D-Oberflächennetzes (Mesh) in mehrere kleine, zusammenhängende Gruppen von Dreiecken zu unterteilen (Cluster), sodass jede Gruppe möglichst kompakt ist. Basierend auf unserer progressiven Sampling-Technik haben wir eine Clustering-Technik entwickelt, welche es erlaubt, ein solches Clustering effizient auf der Grafikkarte zu berechnen. Dabei nutzen wir die gleichmäßige Punktverteilung auf 3-D-Oberflächen unserer Sampling-Technik aus und ordnen jedes Dreieck dem nächstgelegenen Sample-Punkt zu. Dadurch erhalten wir eine ebenso gleichmäßige Unterteilung des 3-D-Oberflächennetzes.



Das Stanford-Bunny-Modell wurde nach unserer Methode geclustert.  
The stanford bunny model clustered using our method.

### Hybrides punktbasierendes und Clustered Rendering

Wir haben in der Vergangenheit ein hocheffizientes, punktbasierendes Renderingverfahren entwickelt, welches auf unserer progressiven Sampling-Technik basiert. Ein Problem dabei war

bisher, dass Geometrie im Nahbereich in voller Komplexität dargestellt wurde, was die Laufzeit stark beeinflusste. Nun haben wir unser Renderingverfahren mit unserer Clustering-Methode kombiniert, um auch dieses Problem zu lösen. Im Nahbereich können nun auf einfache Weise ganze Gruppen von Dreiecken (Cluster) herausgefiltert werden, was die Darstellungseffizienz stark erhöht.

### Automatisches Generieren von Landschaften basierend auf Straßendaten

Für virtuelle Simulationsumgebungen ist es häufig notwendig, weitläufige, komplexe 3-D-Landschaften zu erzeugen. Das manuelle Erstellen solcher Landschaften ist oft sehr zeitaufwendig und kostspielig. In einer Kooperation mit dSPACE GmbH durch das Software Innovation Lab der Universität Paderborn entwickeln wir Methoden zum automatischen Erzeugen von Landschaften für Fahrsimulationen. Das Ziel ist es, auf Basis der reinen Straßendaten passende, plausible Landschaften zu erzeugen, die für virtuelle Fahrsimulationen genutzt werden können.



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



**Sascha Brandt, M.Sc.**  
E-Mail: [Sascha.Brandt@hni.upb.de](mailto:Sascha.Brandt@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 51



Projektpartner: SICP – Software Innovation Campus Paderborn, dSPACE GmbH

---

## Algorithms for computer graphics

---

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.

### Mesh clustering based on progressive sampling

Clustering of 3D surfaces is an important technique in computer graphics with many applications. The goal is to divide the triangles of a 3D surface mesh into several small, connected groups of triangles (clusters), so that each group is as compact as possible. Based on our progressive sampling technique, we have developed a clustering technique that allows to compute such a clustering efficiently on the graphics card. We take advantage of the uniform point distribution on 3D surfaces of our sampling technique and assign each triangle to the nearest sample point. This gives us an equally uniform subdivision of the 3D surface mesh.

### Hybrid point-based and clustered rendering

In the past, we have developed a highly efficient, point-based rendering method based on our progressive sampling technique. One problem so far was that geometry in the nearby range was rendered in full complexity, which strongly influenced the runtime. Now, we have combined our rendering method with our clustering method to solve this problem as well. In the close range, whole groups of triangles (clusters) can now be culled away in a simple way, which greatly increases the rendering performance.

### Automatic generation of landscapes based on road data

For virtual simulation environments, it is often necessary to create large, complex 3D landscapes. The manual creation of

such landscapes is often very time consuming and expensive. In cooperation with dSPACE GmbH by the Software Innovation Lab of Paderborn University, we develop methods for automatically generating landscapes for driving simulations. The goal is to generate fitting, plausible landscapes based on raw road data that can be used for virtual driving simulations.



Aus den Straßendaten automatisch generiertes Gelände  
Terrain automatically generated from the road data



**Dr. Matthias Fischer**

E-mail: [Matthias.Fischer@hni.upb.de](mailto:Matthias.Fischer@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 64 66



**Sascha Brandt, M.Sc.**

E-mail: [Sascha.Brandt@hni.upb.de](mailto:Sascha.Brandt@hni.upb.de)

Phone: +49 5251 | 60 64 51



Project partners: SICP – Software Innovation Campus Paderborn, dSPACE GmbH

---

## Ressourcenmanagement & Scheduling

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches „On-the-Fly Computing“ müssen wir Ressourcen wie Speicher- und Rechenkapazität effektiv zuteilen. Wir betrachten Probleme in klassischen Bereichen wie Facility Location und Scheduling, welche auf die speziellen Anforderungen zusammengesetzter Software zugeschnitten sind.

### Nicht-metrisches Facility Location

Wir haben die Online-Variante des nicht-metrischen Facility-Location-Problems betrachtet, in welcher Clients in einem vordefinierten Graphen nacheinander zu Facilities verbunden werden. Durch eine Kombination verschiedener Techniken haben wir einen Algorithmus entwickelt, welcher die Qualität bisheriger Ansätze übertrifft. Die gezeigten Schranken für den kompetitiven Faktor sind asymptotisch optimal bis auf loglog-Faktoren.

Das Ergebnis verbessert außerdem Algorithmen zu Steiner-Baum-Problemen, bei denen ein Facility Location Algorithmus als Baustein verwendet wird.

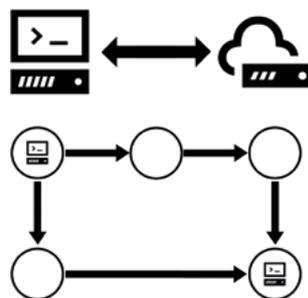
### Heterogene Ressourcenallokation

Basierend auf dem klassischen Online-Facility-Location-Problem haben wir eine Modellerweiterung betrachtet, in der Nutzer eine Menge von unterschiedlichen Diensten in einer Netzwerkumgebung anfragen. Eine Menge von Diensten kann dabei zusammen in einer virtuellen Maschine instanziiert werden, was im Allgemeinen günstiger ist, als jeden Dienst einzeln zu instanziierten. Ein Nutzer muss mit einer Menge von Maschinen verbunden werden, die zusammen alle angefragten Dienste liefert. Ein Algorithmus muss nun sowohl entscheiden, wo ein Dienst angeboten wird und wie ein Nutzer von Maschinen bedient wird als auch welche Dienste in einer Maschine kombiniert werden.

Wir konnten hier nachweisen, dass diese zusätzliche Entscheidungsfreiheit dem Algorithmus signifikant Raum für Fehlentscheidungen einräumt und die Kompetitivität erhöht. Außerdem entwickelten wir deterministische und randomisierte Online-Algorithmen mit nicht-trivialer Kompetitivität für unser Modell und analysierten den Einfluss der Kostensenkung durchs Zusammenfassen von Diensten.

### Server-Cloud Scheduling

Wir betrachten ein neues Scheduling-Problem, bei dem wir zwei Arten von Maschinen haben: einen lokalen eigenen Server und eine beliebig große, aber zu bezahlende Cloud. Die Jobs sind als ein Graph gegeben und ein Job kann erst dann ausgeführt



Darstellung der Maschinenstruktur und eines Jobgraphen, der auf dem Server startet und endet und drei Unteraufgaben besitzt.  
Representation of the machine structure and a job graph that starts and ends on the server and has three subtasks.

werden, wenn alle seine Vorgänger im Graph abgeschlossen sind. Zusätzlich müssen wir mit der Ausführung warten, wenn einer der Vorgänger-Jobs auf einem anderen Maschinentyp ausgeführt wurde als der nun startende Job. Motiviert ist diese Verzögerung als die Zeit die es dauert, eventuell nötige Daten zwischen Server und Cloud zu kommunizieren. Zusätzlich zu dem Job-Graph ist eine Frist gegeben. Ziel des Modells ist es nun, einen Schedule zu finden, der die Jobs fristgerecht fertigstellt und dabei die auf der Cloud entstehenden Kosten minimiert.

Wir konnten zeigen, dass das Problem komplexitätstheoretisch schwierig ist und somit nicht effizient optimal gelöst werden kann. Wir haben daher erste Approximationsalgorithmen entwickelt, die (bestimmte Graph-Typen vorausgesetzt) effizient nahezu optimale Lösungen berechnen können.

 **Dr. rer. nat. Björn Feldkord**  
E-Mail: [bjoernf@hni.upb.de](mailto:bjoernf@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 33

 **Till Knollmann, M.Sc.**  
E-Mail: [tillk@mail.upb.de](mailto:tillk@mail.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 28

 **Simon Pukrop, M.Sc.**  
E-Mail: [simonjp@hni.upb.de](mailto:simonjp@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 52

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

---

## Resource management & scheduling

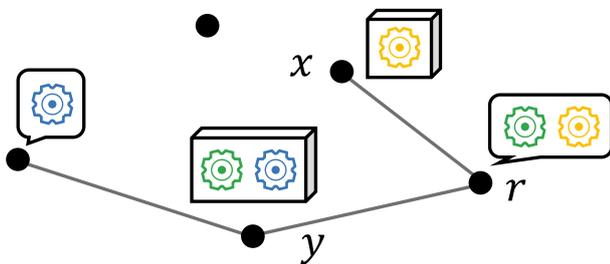
---

In the context of the Collaborative Research Centre “On-the-Fly Computing”, we have to allocate resources like storage and computing capacity effectively. We consider problems in classical areas like facility location and scheduling, which are tailored to the special requirements of our composed software.

### Non-metric facility location

We considered the online variant of the non-metric facility location problem, in which clients are successively connected to facilities in a predefined graph. By combining different techniques we developed an algorithm that exceeds the quality of previous approaches. The proven bounds for the competitive ratio are asymptotically optimal up to  $\log \log$  factors.

The result also improves algorithms for Steiner Tree problems where a facility location algorithm is used as a building block.



Der Nutzer an Position  $r$  bezieht seine Dienste von  $x$  und  $y$ . Blau und Grün werden auf einer Maschine instanziiert, um Kosten zu sparen. The user at position  $r$  gets its services by  $x$  and  $y$ . Blue and green are instantiated together to reduce the cost.

### Heterogeneous resource allocation

Based on the classical Online Facility Location Problem, we developed an extended model where users request a set of different services in a network setting. A set of services can be combined into a single facility which is assumed to be cheaper than instantiating each service individually. Users need to be connected to a set of facilities jointly offering the requested services. An algorithm needs to not only decide on where to place facilities and how to connect users but also on which services to combine into a facility.

We were able to show that the added degree of freedom added enough room for the wrong decisions of the algorithm to significantly increase the competitive ratio. In addition we developed deterministic and randomised online algorithms with a

---

 **Dr. rer. nat. Björn Feldkord**  
E-mail: [bjoernf@hni.upb.de](mailto:bjoernf@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 33

 **Till Knollmann, M.Sc.**  
E-mail: [tillk@mail.upb.de](mailto:tillk@mail.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 28

 **Simon Pukrop, M.Sc.**  
E-mail: [simonjp@hni.upb.de](mailto:simonjp@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 52

 Supported by: DFG Collaborative Research Centre 901 “On-the-Fly Computing”, Project area A1 and C4

---

non-trivial competitive ratio and we analysed the influence of reduced costs by combined services.

### Server-cloud scheduling

We're looking at a new scheduling problem where we have two types of machines: a local dedicated server and a cloud of any size, but which has to be paid for. The jobs are given as a graph and a job can only be executed when all its predecessors in the graph have been completed. In addition, if one of the predecessor jobs was executed on a different machine type than the job that is now starting, we have to wait some time to execute it. This delay is motivated as the time it takes to communicate any necessary data between server and cloud. In addition to the job graph there is a time limit. The goal of the model is to find a schedule that completes the jobs on time and minimises the costs in the cloud.

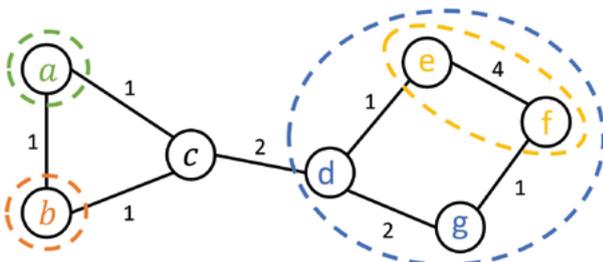
We were able to show that the problem is difficult in terms of complexity theory and, therefore, cannot be solved efficiently in an optimal way. We have, therefore, developed the first approximation algorithms that (assuming certain graph types) can efficiently calculate nearly optimal solutions.

## Dynamische Datenstrukturen für Mincuts

### Effizientes Berechnen von Mincuts nach Einfügen oder Entfernen einer Kante

Die Aufgabe einer dynamischen Datenstruktur für ein gegebenes Graphenproblem ist es, bei kleinen, vorübergehenden Änderungen im unterliegenden Graphen effizient die Lösung des Problems zu berechnen. Gleichzeitig soll die Datenstruktur so klein wie möglich gehalten werden. Wir entwickeln die ersten dynamischen Datenstrukturen für das Mincut-Problem.

Betrachten wir einen ungerichteten, gewichteten Graphen, der ein Kommunikationsnetz modelliert. Ein Mincut für ein Paar von Knoten ist eine Menge von Kanten im Graphen mit minimalem Gesamtgewicht, deren Entfernen bewirkt, dass es keinen Pfad mehr zwischen den Knoten des Paares gibt. Das Mincut-Problem ist ein fundamentales Graphenproblem, welches in vielen Varianten bereits intensiv erforscht wurde seit dem berühmten Maxflow-Mincut-Theorem (Ford & Fulkerson, 1956).



Die Nearest Mincuts aller Knoten zu c bilden eine laminare Familie.  
The nearest mincuts of all the nodes to c form a laminar family.

Beim Entwickeln einer Datenstruktur oder eines Algorithmus für ein Graphenproblem wird meistens angenommen, dass der unterliegende Graph stabil bleibt. Allerdings ist diese Annahme für Graphen in der Praxis häufig unrealistisch, da hier Kanten zusammenbrechen können. Solche Fehler sind oft vorübergehend – eine zusammengebrochene Kante wird meist in kurzer Zeit wieder aktiv. Genauso wichtig wie Fehlertoleranz ist also, dass eine Datenstruktur effizient mit dem Einfügen einer neuen Kante umgehen kann. Eine effiziente Lösung in diesem Fall zu berechnen erlaubt es zum Beispiel auch, den Einfluss einer neuen Kante auf die aktuelle Lösung zu erfassen. Als Nebenprodukt ist es möglich, die Kante festzustellen, welche den größten Einfluss hat.

Daher ist es im Vergleich zu einem stabilen Graphen realistischer anzunehmen, dass es zu jeder Zeit eine Menge von maximal  $k$ -Kanten gibt, die zusammenbrechen oder neu eingefügt werden, wobei  $k$  eine entsprechend kleine Zahl ist. Für ein Graphenproblem in einem solchen Modell benötigen wir kompakte

Datenstrukturen, die für eine beliebige Menge von solchen Kantenänderungen effizient eine Lösung berechnen können. Wir nennen eine entsprechende Datenstruktur dynamisch. Es gibt bereits dynamische Datenstrukturen für eine Vielzahl von fundamentalen Graphenproblemen wie das Kürzeste-Pfade-Problem, die Tiefensuche und Graph Spanners.

Wir entwickeln die ersten dynamischen Datenstrukturen für das Mincut-Problem beim Einfügen einer Kante. Diese sind kompakt und können effizient jedes Knotenpaar ausgeben, dessen Mincut sich beim Einfügen einer neuen Kante verändert.

Unsere Datenstrukturen nutzen Erkenntnisse bezüglich der Beziehung zwischen dem Nearest Mincut und dem Farthest Mincut von verschiedenen Knoten zu einem festen Knoten. Eine Kernbeobachtung unserer Forschung ist, dass ein gerichteter, azyklischer Graph existiert, der alle Farthest Mincuts von jedem Knoten zu einem festen Knoten speichert. Dieses Ergebnis vervollständigt ein früheres Ergebnis, welches aussagt, dass alle Nearest Mincuts zu einem festen Knoten eine laminare Familie bilden.

Während wir dynamische Datenstrukturen für das Einfügen einer Kante entwickelten, ist offen, wie im Falle des Zusammenbrechens einer oder mehrerer Kanten verfahren werden sollte.



**Prof. Dr. Surender Baswana**  
E-Mail: [sbaswana@gmail.com](mailto:sbaswana@gmail.com)  
Telefon: +49 151 | 22 59 60 74



**Till Knollmann, M.Sc.**  
E-Mail: [tillk@mail.upb.de](mailto:tillk@mail.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 28



Gefördert durch: Humboldt-Forschungsstipendium S. Baswana (Stipendium für erfahrene Wissenschaftler/innen), DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-the-Fly Computing“ (Teilprojekt A1)

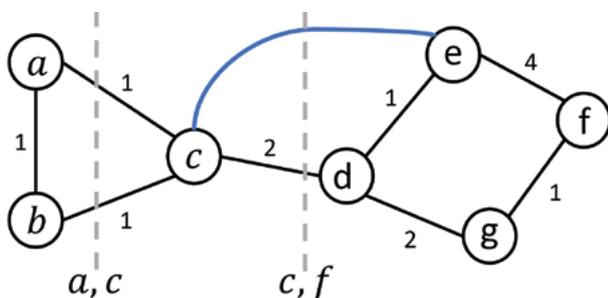
## Sensitivity data structures for mincuts

### Efficiently reporting the mincuts after inserting or deleting an edge

The objective of a sensitivity data structure for a given graph problem is to be able to efficiently report the solution of the problem on a small and transient change in the underlying graph. This objective has to be achieved while keeping the size of the data structure as small as possible. We design the first sensitivity data structures for mincuts.

Consider any undirected graph that models a communication network. A mincut for a pair of nodes is a set of the edges of least capacity whose removal disconnects them. It is a fundamental concept in graph theory. Moreover, the area of designing algorithms for a mincut and its variants has been extensively researched ever since the seminal result on the maxflow-mincut duality (Ford & Fulkerson, 1956).

While designing a data structure or an algorithm for a graph problem, one usually assumes that the underlying graph is fixed. But this assumption is unrealistic for most of the real-world graphs where edges do fail, but only occasionally. However, these failures are transient - an edge, once it has failed, becomes active subsequently. In addition to being tolerant to an edge-failure, it is equally important for the data structure to efficiently report the solution of the graph problem on the insertion of a new edge. This information may help determine the impact of the insertion of a new edge on the solution of the problem quantitatively. As a byproduct, we can find the edge whose insertion will have the maximum impact on the current solution of the problem.



Das Einfügen der Kante  $\{c, e\}$  betrifft nicht den Mincut  $(a, c)$  aber es erhöht den Mincut  $(c, f)$ .  
The insertion of the edge  $\{c, e\}$  does not affect the mincut  $(a, c)$  but it increases the mincut  $(c, f)$ .

Therefore, a more realistic way to model a real-world graph is to assume that, at any time, there will be a set of at most  $k$  failed or new edges, for some small number  $k$  defined suitably. Solving a graph problem in this model requires building a

compact data structure that can efficiently report the solution of the problem for any given such set of changes in the graph. Such a data structure is called the sensitivity data structure for the problem. There exist sensitivity data structures for various fundamental problems in graphs - shortest paths, depth first search tree and graph spanners.

We design the first sensitivity data structures for mincuts for the insertion of an edge. These are very compact and can efficiently report each pair of nodes whose mincut increases on the insertion of any new edge.

The design of our data structures uses an insight into the relationship among the nearest mincuts and the farthest mincuts from various nodes to a given node. At the core lies the following graph theoretic result of independent interest. There exists a directed acyclic graph that compactly stores the farthest mincuts from all nodes to any given node. This complements an earlier result that the nearest mincuts from all nodes to any given node form a laminar family.

While we designed sensitivity data structure for the insertion of an edge, it would be interesting to design sensitivity data structures for the deletion of an edge, and possibly for multiple edges.



Prof. Dr. Surender Baswana  
E-mail: [sbaswana@gmail.com](mailto:sbaswana@gmail.com)  
Phone: +49 151 | 22 59 60 74



Till Knollmann, M.Sc.  
E-mail: [tillk@mail.upb.de](mailto:tillk@mail.upb.de)  
Phone: +49 52 51 | 60 64 28



Supported by: Humboldt Research Fellow S. Baswana (Fellowship for Experienced Researchers), DFG Collaborative Research Centre 901 "On-the-Fly Computing" (Project area A1)



»» Definiere, plane, handle. ««  
Wiederhole, bis du es besser weißt.

»» Define, plan, act. Repeat until you know better. ««

---

## Gleb Polevoy

Jun.-Prof. Dr.  
Algorithmen und Komplexität

---

Ich bin gebürtiger Ukrainer, habe aber auch in Israel gelebt und dort an der TU Technion meinen Bachelor und Master erworben. Anschließend promovierte ich in den Niederlanden an der TU Delft, habilitierte an der Universität Amsterdam und verbrachte dank eines Stipendiums ein Jahr in Warschau, bevor ich nach Paderborn kam. Diese Ortswechsel waren anstrengend, ermöglichen mir aber besondere kulturelle Beobachtungen.

Ich bin Mathematiker, denn ich liebe präzise Argumentationen und ein tiefgründiges Verstehen. Meine Schwerpunkte sind die Spieltheorie und Algorithmen. Diese vermitteln ein Verständnis für die Gesellschaft und das Handeln in der belebten und unbelebten Welt und dafür, wie man Interaktionen richtig lenkt.

Mein berufliches Ziel ist es, bislang unmodellerte Interaktionen zu modellieren und bestehende Modelle, die ich mithilfe von entsprechenden Stabilitätskonzepten prüfe, zu verbessern. Was ich damit meine, ist etwa die explizite Modellierung menschlicher Werte, rechtlicher bzw. widerrechtlicher Entscheidungen und Zeitmanagement bis hin zur Frage, wie sich der Einfluss von Forschungsarbeit auf die analysierte Interaktion abbilden lässt. Auch interessiert mich die Modellierung von Abstimmungen im Hinblick auf soziale Effizienz oder von Spielen in sozialen Netzwerken und wie Kontaktsuche, Sichtbarkeit und Einfluss dabei zusammenwirken. Eine solche Modellierung erfordert ein passendes Lösungskonzept und muss definieren, was wir als gesichert betrachten. Die Lösung sollte bestimmte Eigenschaften besitzen, wie die Reaktionsfähigkeit auf wichtige Veränderungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber immateriellen Erschütterungen. Schließlich kann eine solche Analyse praktische Empfehlungen für effizientes Verhalten sowie entscheidende Erkenntnisse über wichtige Prozesse liefern. Uns zu verstehen, warum sich etwa bestimmte Normen und Gewohnheiten entwickelt haben, lohnt auf jeden Fall den Aufwand!

Was mir ebenso Freude bereitet, sind Sprachen. Sowohl das Erlernen von Fremdsprachen als auch das Schreiben von Romanen und Kurzgeschichten. Beim Schreiben kann ich meinen Gedanken freien Lauf lassen und zu Papier bringen. Ich stürze charismatische Personen in Phantasie anregende Abenteuer. Kopfkino zu erleben, ist elementar für einen kreativen und gesunden Verstand. Ich hoffe damit – neben meinem wissenschaftlichen Werk – einen Beitrag für eine bessere Welt zu leisten. Zu meinen weiteren Hobbys gehören Sport, Lesen, Denkspiele und lateinamerikanische Tänze.

---

## Gleb Polevoy

Jun.-Prof. Dr.  
Algorithms and Complexity

---

I'm originally Ukrainian, and I also lived in Israel and completed my bachelor's and master's at the Technion. Then, I pursued a doctorate at the TU Delft in the Netherlands, and after a postdoc at the University of Amsterdam, I was granted a scholarship, which allowed me to spend a year in Warsaw, Poland, before coming to Paderborn. These moves, while quite tiresome, did allow for peculiar culturological observations.

I'm a mathematician, since I love precise reasoning and deep understanding. I work in game theory, analysing various interactions, and in algorithms, analysing actions. These areas span understanding societies and acting on the animate and inanimate world, including shaping interactions properly.

My professional vision includes modelling yet unmodelled interactions and improving on existing models, supplemented with analysing those models using the appropriate stability concepts. For instance, explicitly modelling human values, legal versus illegal decisions, time management and even modelling how research influences the analysed interaction. I also take interest in modelling voting from the point of view of social efficiency and in games on social networks and the interplay of connection effort, visibility and influence. Such modelling should employ the appropriate solution concept, defining what we see as stable. Such a solution should possess certain properties such as responsiveness to the relevant changes and resilience to the immaterial shocks. This analysis can provide practical suggestions on efficient behaviour as well as crucial insights into those important processes. Simply understanding ourselves, such as why certain norms and habits have developed, is already worth the effort! In the domain of algorithms, I work in graph algorithms and other domains, approximately completing hard tasks.

I also like languages, both mastering new languages and writing poetry and short stories. Writing allows me to express ideas, deliberate and engage people in deep problems and influential phenomena, while animated charismatic characters participate in imagination-whetting and thought-provoking events.

Adventures of the mind are highly important for a creative and healthy spirit. I do hope this allows me to do my best to improve the world, together with the scientific contributions. My other hobbies include sports, reading, intellectual games and Latin dancing.

# 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 ultra-fast communication and sensors

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Modern nano- and microelectronic technologies allow the combination of complex digital circuits, analog circuits, and novel devices on a single chip. We conduct research for a new generation of extremely energy efficient intelligent systems in which microchips communicate with high speed and perceive their environment by sensors with an ever-higher precision.

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

Phone: +49 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 zur leitungsgebundenen digitalen Kommunikation mit hohen Datenraten**

Hohe Datenraten zwischen Chips (Chip-to-Chip-Kommunikation) und in der Glasfaserkommunikation erlauben Übertragungsraten von 10 bis mittlerweile über 400 Gigabit pro Sekunde, was sehr schnelle Schaltungen bei einem sehr niedrigem Energieverbrauch erfordert. Hierfür sind spezielle Schaltungstechniken und digitale Modulationsformate erforderlich. Seit wenigen Jahren können elektronisch-photonische ICs (EPICs) in Silizium realisiert werden. Derartige Chips ermöglichen weit höhere Datenraten als die klassischen CMOS-Technologien, da sie sehr schnelle optische Verbindungen zwischen räumlich getrennten Einheiten ermöglichen wie z. B. zwischen Prozessoren und externem Speicher in einem Rechenzentrum.

### **Integrierte Schaltungen für Funkkommunikation und -sensorik**

Die sehr kleinen Abmessungen moderner Siliziumtransistoren und spezielle Hochfrequenztransistoren erlauben es, dass Siliziumchips auch bei Frequenzen bis über 300 GHz zuverlässig arbeiten. Diese extremen Frequenzen stellen allerdings hohe Anforderungen an den Schaltungsentwurf und die Bauelementemodellierung. Die Einsatzgebiete dieser Chips sind beispielsweise die drahtlose Kommunikation mit sehr hohen Datenraten, Radarsensorik für autonomes Fahren und spektrometriebasierte Sensorik.

Ein wichtiges Ziel in der Funkkommunikation ist die Gewährleistung von möglichst langen Batterielaufzeiten. Dies gilt beispielsweise für ein „zero-power“-Radio, das mit reduziertem Wartungsaufwand seine Energie ausschließlich aus der Umwelt bezieht. Eine solche energieeffiziente und wartungsarme Vernetzung ist eine wichtige Voraussetzung für intelligente IoT-Netzwerke (Internet-of-Things) der Zukunft, so wie sie auch zur Realisierung von Industrie 4.0 benötigt werden.

### **Entwurf digitaler Systeme**

Im Bereich des Entwurfs digitaler Systeme fokussiert die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ ihre Arbeiten auf RISC-V-basierte Prozessoren, angefangen vom Aufbau und Betrieb virtueller Prototypen bis hin zum FPGA- und standardzellen-basierten Entwurf in verschiedenen CMOS-Varianten (130nm, 65nm, 22nm). Aktuelle Entwicklungen basieren auf dem Entwurf und dem Test von PULPissimo-Architekturen der ETH Zürich und des Rocket-Chip-Generators der UC Berkeley auf dem Gebiet sicherheitskritischer und hoch zuverlässiger Spezialprozessoren.

---

## Workgroup System and Circuit Technology

---

The ongoing revolutionary progress in nano- and microelectronic technologies is the driving force for the development of new technical products, intelligent systems and innovative applications. Research in the “System and Circuit Technology” workgroup is active in the design of integrated circuits with a focus on communication and sensor technology with all its different aspects (digital, mixed-signal, analogue/RF and silicon photonics).

The progress of nano- and microelectronic technologies enables integrated circuits with continuously increasing capabilities. This evolution follows two main paths. On the one hand, the complexity and speed of digital circuitry is increased by means of the miniaturisation of integrated transistors resulting in a significant increase in computing power. On the other hand, in recent years, more and more novel functions and devices have been integrated into silicon, such as micro-mechanical sensors, lasers, special high-frequency transistors, optical devices or biologically active layers (biochips). The possibility of combining complex digital processors with analogue circuitry and novel functions on one chip allows the realisation of a new generation of integrated systems. They allow the perception of the environment via sensors, dissipation of very little power and a much faster data transmission.

The “System and Circuit Technology” workgroup conducts research in the area of integrated nano-/microelectronic circuits for communication and sensors with a focus on the following topics:

### **Integrated circuits for high data rate wireline communication**

In fibre optic communications and communication between microchips (Chip-2-Chip communication), it is possible to achieve line rates between ten and more than 400 Gigabit per second. Those high data rates require very fast electronics with ultra low energy consumption, which in turn requires novel approaches in circuit design with appropriate modulation formats. Electronic-photonic ICs (EPICs) based on advanced silicon photonics technologies enabling significantly higher data rates compared to classical CMOS technologies for ultra fast optical connections between distributed processors and remote memory units in a data centre, for instance.

### **Integrated circuits for wireless communication and sensors**

The small dimensions of today's silicon transistors and the availability of special high-frequency transistors account 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, radar sensors for autonomous driving as well as spectroscopic sensors.

An important objective in wireless communication is to achieve an as long as possible lifetime of the battery. For example, this is required by a “zero-power-radio” which runs on ultra-low power energy harvesting technologies and 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”.

### **Digital systems designs**

For digital circuit design, the “System and Circuit Technology” workgroup focuses on different variants of RISC-V based processor platforms. A wide spectrum covers multiple abstraction levels and range from virtual prototyping to FPGA and standard cell based designs for different CMOS variants (130nm, 65nm, 22nm). Current designs are based on the PULPissimo platform from the ETH Zurich and on the Rocket Chip generator from UC Berkeley for special safety critical and highly reliable processors.

## Zukunftsfähige RISC-V-Spezialprozessoren

### Forschung im Rahmen des Scale4Edge-Projekts

RISC-V steht für die neueste Generation von RISC-basierten (Reduced Instruction Set Computer) Prozessoren, welche 2010 als quelloffene und lizenzfreie Befehlssatzarchitektur von der University of California, Berkeley, USA, initiiert wurde. Seit 2017 richtet die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ am Heinz Nixdorf Institut den digitalen Schaltungsentwurf auf RISC-V-Prozessoren aus.

#### Das Scale4Edge-Verbundprojekt

Im Rahmen der Ausschreibung für „zukunftsfähige Spezialprozessoren und Entwicklungsplattformen (ZuSE)“ wird die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ am Heinz Nixdorf Institut ab April 2020 über drei Jahre vom BMBF gefördert. Die Fördermaßnahme ist in das Verbundprojekt Scale4Edge (Skalierbare Infrastruktur für Edge-Computing) eingebunden, welches in Kooperation mit 18 anderen renommierten deutschen Universitäten, Instituten und Industriepartnern durchgeführt und von der Infineon Technologies AG koordiniert wird.

Das Verbundprojekt Scale4Edge entwickelt ein Ökosystem für eine RISC-V-basierte skalierbare und flexibel erweiterbare Edge-Computing-Plattform. Das Ökosystem deckt alle essenziellen Hardware- und Software-Aspekte wie Low-Power, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verifikation, Test, Compiler, Software-Bibliotheken und Debugging ergänzt durch Spezifikation, Verifikationsplan und Dokumentation ab. Hierzu gehören auch standardkonforme Hardware-Entwurfsprozesse, teilweise quelloffene Software Development Kits (SDKs) und ebenso die Sicherheit (Safety, Security) der Plattform sowie eine intensive Überprüfung und Analyse der Entwicklungen.

#### RISC-V-Prozessoren

Die Arbeiten der Universität Paderborn konzentrieren sich im Projekt auf den Entwurf und Test von zuverlässigen RISC-V-Prozessoren und auf die Entwurfsautomatisierung für 22nm- und 130nm-CMOS Chips. In Kooperation mit der Eberhard Karls Universität Tübingen führt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ den physikalischen Chipentwurf mit der Entwicklung und Integration von Makrokomponenten bis hin zum Tapeout durch. Die Fertigung mehrerer Chips wird hierbei in 22nm-CMOS-Technologie bei GlobalFoundries in Dresden in Auftrag gegeben. Als Basis dient hier die PULPissimo-Plattform der ETH Zürich, in die ein im Projekt entwickelter RISC-V-Prozessorkern integriert werden soll.

Mit der Arquimea Deutschland GmbH und der IHP GmbH (beide Frankfurt/Oder) entwickelt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ außerdem Komponenten für zuverlässige RISC-V-basierte

Prozessoren in einer strahlungssicheren IHP130nm-Technologie und adaptiert frei verfügbare RISC-V-Prozessorkerne an zuverlässigkeitsspezifische Anforderungen. In diesem Rahmen werden Arbeiten zu RISC-V-Befehlssatzerweiterung und Fehlererkennungsmechanismen wie diverse Lock-Step-Architekturen erforscht und entwickelt.

#### Schnelle Fehlerüberdeckungsanalyse und -simulation

Weitere Forschungsarbeiten in dem Projekt befassen sich mit der Entwicklung von neuen Konzepten zur automatischen Generierung von Software-Programmen mit hoher Fehlerüberdeckung zum Hardwaretest von RISC-V-Prozessoren. Hierbei soll auf Basis des QEMU-CPU-Emulators eine möglichst genaue Fehlerüberdeckungsanalyse relevanter Funktionseinheiten entwickelt werden. Aufgrund dieser werden dann Fehlersimulationen durchgeführt, um so die Propagierung von Fehlern während der Laufzeit analysieren zu können. Mit dem Nachteil der eingeschränkten Genauigkeit bringen hier virtuelle Prototypen den enormen Vorteil der sehr schnellen Ausführungsgeschwindigkeit, sodass mehrere Tausend Fehlersimulationen pro Sekunde ausgeführt werden können, um so allgemeinere Fehlermodelle als Basis heranziehen zu können. Weiterer Forschungsgegenstand ist hier auch eine möglichst bit-genaue Abbildung von funktionalen Hardwareeinheiten und Registerstrukturen sowie deren Abbildung und Nachverfolgbarkeit in den RTL-Modellen bis hin zum Chiplayout.



**Dr. Wolfgang Müller**  
E-Mail: wmueller@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 63 52



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Projekträger: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

**Scale4Edge**



## Future-proof specialized RISC-V processors

Research in the Scale4Edge project



RISC-V stands for the latest generation of RISC-based (Reduced Instruction Set Computer) processors, which was initiated in 2010 as open source and licence-free instruction set architecture by the University of California, Berkeley, USA. Since 2017, the “System and Circuit Technology” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute focused digital circuit design on RISC-V processors.

### The Scale4Edge project

Within the framework of the call for “Zukunftsfähige Spezialprozessoren und Entwicklungsplattformen (ZuSE)”, the “System and Circuit Technology” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute will be funded by the BMBF for 3 years starting from April 2020. The research work is integrated into the joint project Scale4Edge (Scalable Infrastructure for Edge Computing), which is being carried out in cooperation with 18 other renowned German universities, institutes and industrial partners and coordinated by Infineon Technologies AG.

In general, the Scale4Edge project develops an ecosystem for a RISC-V-based scalable and flexibly expandable edge computing platform. The ecosystem covers all the essential hardware and software aspects, such as low power, security, reliability, verification, testing, compilers, software libraries and debugging complemented by specification, verification plan and documentation. This also includes standard-compliant hardware design processes, partly open source software development kits (SDKs), the safety and security of the platform and an intensive review and analysis of the designs.

### RISC-V processors

The activities of Paderborn University focus on the design and test of reliable RISC-V processors and on design flow automation for 22 nm and 130 nm CMOS chips. In cooperation with the Eberhard Karls University of Tübingen, the “System and Circuit Technology” workgroup carries out the physical chip design with the development and integration of macro components until tapeout. The production of several chips in 22 nm-CMOS technology is obtained from GlobalFoundries in Dresden, where the PULPissimo platform of the ETH Zurich serves as a basis here, into which a RISC-V processor core which has been developed in the project is to be integrated.

In cooperation with Arquimea Deutschland GmbH and IHP GmbH (both Frankfurt/Oder), the “System and Circuit Technology” workgroup also develops components for reliable RISC-V-based processors in a radiation-hardened IHP 130 nm

technology and adapts freely available RISC-V processor cores to reliability specific requirements. Within this framework, work on RISC-V instruction set extension and error detection mechanisms, such as various lock-step architectures, are researched and developed.

### Fast fault coverage analysis and simulation

Further research work in the project deals with the development of new concepts for the automatic generation of software programs with a high fault coverage for the hardware testing of RISC-V processors. Here, on the basis of the QEMU-CPU emulator, a fault coverage analysis of the relevant functional units is to be developed as accurately as possible. Based on this, fault simulations are then carried out in order to analyse the fault propagation and observation during runtime. With the disadvantage of limited accuracy, virtual prototypes have the enormous advantage of a very fast execution speed, so that several thousand error simulations can be executed per second in order to be able to apply more general error models as a basis. Further research also considers the mapping of functional hardware units and register structures with an as high as possible bit level accuracy and their mapping and traceability in the RTL models down to chip layout.



**Dr. Wolfgang Müller**

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

Phone: +49 5251 | 60 63 52



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

Project management: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Scale4Edge



## Integriertes 122 GHz Radar als digitaler Blindenstock

Ein radarbasiertes System zur sensorischen Substitution für Sehbehinderte via taktilem Feedback

Millimeterwellen-Radar eröffnet Möglichkeiten für kompakte und kostengünstige Sensor-Aktor-Systeme. Mittels des 122 GHz Radarsensors der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ wurde ein System entworfen, mit dem Sehbehinderte Hindernisse in ihrer Umgebung erfassen können. Die Distanzinformation wird dabei in Form von Vibration vermittelt. Das Projekt ist eine Kooperation mit dem Lehrstuhl für Kognitive Psychologie der Universität Paderborn.

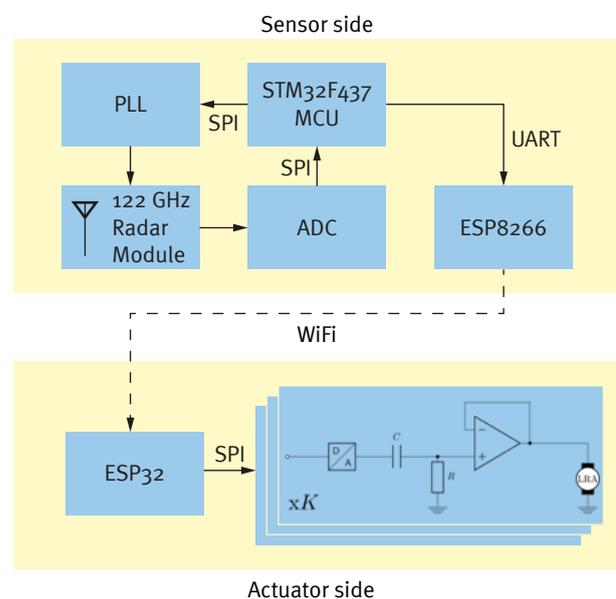
### Sensorische Substitution für Sehbehinderte

Die Sensorische Substitution beschäftigt sich mit der Darstellung eines Sinnes durch einen anderen Sinneskanal. Ein Schwerpunkt des Gebiets ist die Entwicklung von Alltagshilfen, beispielsweise für Sehbehinderte. Dafür wurden bisher typischerweise Kameras als Sensor verwendet, deren Bildinformationen verarbeitet und anschließend auf Netze aus Vibrationsmotoren moduliert oder akustisch dargestellt wurden. Derartige Systeme konnten bisher allerdings keine Alltagsstauglichkeit erreichen, aufgrund ihrer Größe, Kosten oder des hohen benötigten Trainingsaufwands. Zielsetzung unseres Projekts war es daher, ein intuitives und komfortables System zur sensorischen Substitution zu entwerfen und zu erproben, wobei ein miniaturisiertes 122 GHz Radarsystem verwendet werden sollte.

Radar liefert im Gegensatz zur Kamera Entfernungsinformation. Dies reduziert die Komplexität des Systems dramatisch, was Kosten und Platz spart. Der integrierte 122 GHz Radarsensor erfasst seine Umgebung und liefert dem System Distanzinformationen. Diese werden auf ein Array aus Vibrationselementen übertragen. Dabei korrespondiert jedes Element mit einem bestimmten Bereich von Distanzen. Bewegt sich ein Objekt beispielsweise auf den Träger zu, so wandert die Vibration das Array entlang und vermittelt dem Nutzer so ein intuitives Gespür für Abstand, Geschwindigkeit und Beschaffenheit des Objekts. Das System wird frei in der Hand getragen und erlaubt dem Nutzer, in beliebiger Richtung Objekte zu orten und sich so ein Bild von seiner Umgebung zu verschaffen. Die Vibration selbst wird mittels der Fingerspitzen ertastet. Als Vibrationselemente dienen dabei Linear Resonant Actuators, kleinste Vibrationsmotoren, eingelassen in einem Silikonstreifen, um die Kopplung der Vibrationen untereinander zu reduzieren.

### Psychologisches Design

Viele Systemparameter, wie zum Beispiel die Art, wie die Vibration am besten auf dem Array dargestellt werden soll, müssen mit dem psychologischen Verhalten des Trägers abgestimmt werden. Daher erfolgte jeder Schritt des Systementwurfs in



Blockschaltbild des digitalen Blindenstocks  
Block diagram of the digital white cane

Kooperation mit Professorin Ingrid Scharlau vom Lehrstuhl für Kognitive Psychologie der Universität Paderborn. Es wurden in jedem Entwurfsstadium Experimente durchgeführt, um Annahmen hinsichtlich des intuitiven Verhaltens des Nutzers zu überprüfen und Probleme zu ermitteln. Abschließend wurden ausführliche Testreihen durchgeführt, um die Performance des Systems zu verifizieren. Das System ist mit WiFi zur externen Kontrolle und zur Aufzeichnung von Messergebnissen ausgestattet. Zur Standardisierung und Erleichterung der psychologischen Experimente wurde zudem eine Android-App entwickelt.

Das System wird auf der European Microwave Week 2020 in Utrecht, Niederlande, präsentiert.



Pascal Kneuper, M.Sc.  
E-Mail: pkneuper@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 63 53

---

## Integrated 122 GHz radar as a digital white cane

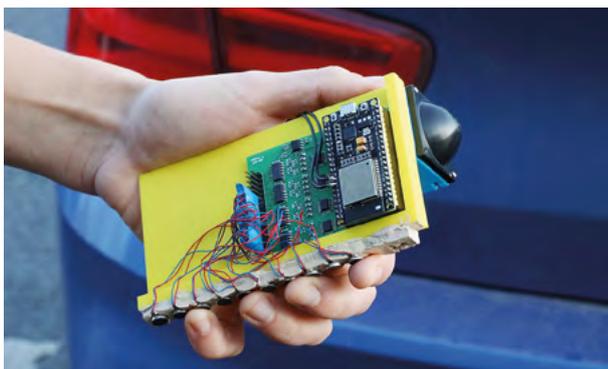
A radar-based system for sensory substitution for the visually impaired via tactile feedback

---

Millimeter wave radar opens up possibilities for compact and cost-effective sensor-actuator systems. Based on the 122 GHz radar sensor of the “System and Circuit Technology” workgroup, a system was designed which allows visually impaired users to detect obstacles in their environment. The distance information is represented through vibration. The project is carried out in cooperation with the Cognitive Psychology group of Paderborn University.

### Sensory substitution for the visually impaired

Sensory substitution deals with the representation of one human sense using another sensory channel. A main topic of such research is the development of everyday aids, for example, for the visually impaired. For this purpose, cameras were traditionally used as sensors, their image information was processed and then modulated on networks of vibration motors, or they were displayed acoustically. However, such systems have so far been unable to achieve suitability for everyday use due to their size, cost or the high required training effort. Therefore, the objective of this project was to design and test an intuitive and comfortable system for sensory substitution using a miniaturised 122 GHz radar system.



Das System wird vom Nutzer in der Hand getragen, die Fingerspitzen ertasten die Vibration der Motoren.

The system is carried in the user's hand, the fingertips sense the vibration of the motors.

### System architecture

Radar, unlike camera, provides distance and directional information. This dramatically reduces the complexity of the system, reducing cost and saving space. The integrated 122 GHz radar sensor detects its environment and provides the system with distance information. This information is transferred to an array of vibrating elements. Each element corresponds to a certain range of distances. If, for example, an object moves towards the user, the vibration moves along the array, giving the user

an intuitive feeling for the distance, speed and nature of the object. The system is carried freely in the hand and allows its wearer to locate objects in any direction and thus obtain a picture of their surroundings based on directional and distance information. The vibration itself is sensed via the fingertips. The utilised vibration elements are Linear Resonant Actuators, tiny vibration motors, embedded in a silicone strip to reduce the coupling of the vibrations.

### Psychological design

Many system parameters, such as the way the vibration is best represented on the array, must be coordinated with the psychological behaviour of the user. Therefore, every step of the system design was done in cooperation with Professor Ingrid Scharlau from the chair of Cognitive Psychology at the Paderborn University. Experiments were conducted at each design stage to verify assumptions regarding the intuitive behaviour of the user and to identify problems. Finally, extensive test series were conducted to verify the performance of the system. The system is equipped with Wi-Fi for external control and for recording measurement results. An Android app was developed to standardise and facilitate psychological experiments.

The system will be presented at the European Microwave Week 2020 in Utrecht, The Netherlands.



Pascal Kneuper, M.Sc.

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

Phone: +49 5251 | 60 63 53

---

## Metrologie für die THz -Kommunikation

Der stetig steigende Bedarf an höheren Datenraten in der Funkkommunikation forciert die Nutzung neuer, unerschlossener Frequenzbänder. Gegenwärtig untersuchen industrielle und akademische Gruppen auf der ganzen Welt, wie Frequenzbänder zwischen 100 GHz und 1000 GHz (1 THz) für die drahtlose Kommunikation mit hoher Datenrate genutzt werden können. Die DFG-Forschungsgruppe Meteracom ebnet den Weg für zukünftige THz-Kommunikationssysteme.

### Framework und Ziele

Die Fähigkeit, präzise Messungen durchzuführen und in geeigneter Weise auszuwerten, ist für die Weiterentwicklung von THz-Kommunikationssystemen von entscheidender Bedeutung. Die Metrologie bei THz-Frequenzen befindet sich allerdings noch in einem frühen Stadium. In dieser DFG-Forschungsgruppe (METERACOM, Metrologie für die THz Kommunikation (FOR 2863)) gehen ein Konsortium aus Universitäten, der Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) und des National Physics Laboratory of Great Britain (NPL) systematisch auf die wichtigsten Herausforderungen der THz-Metrologie ein. Ziel ist es, Messmethoden zu etablieren, die auf das internationale Einheitensystem (SI) zurückzuführen sind, THz-Messgeräte zu evaluieren und THz-Systemmessungen durchzuführen. Im Rahmen des Meteracom-Projekts bringt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ ihre Expertise auf dem Gebiet der optoelektronischen Frequenzsynthesizer mit extrem niedrigem Phasenrauschen ein. Mithilfe dieser Synthesizer ist es möglich, die maximale Datenrate, welche durch das Phasenrauschen des Oszillatoren in Sender und Empfänger begrenzt ist, zu erhöhen. Darüber hinaus entwickelt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ ultrabreitbandige optisch geschaltete Sampler in einer fortschrittlichen Silizium-Photonik-Technologie.

### Frequenz-Synthesizer mit extrem niedrigem Rauschen

Einer der limitierenden Faktoren eines Hochgeschwindigkeits-Samplers ist das Rauschen seines Referenztaktes. Standard-Quarz- und SAW-Frequenzreferenzen (Surface Acoustic Wave) weisen eine relativ gute Rausch-Performance auf. Niedrigeres Rauschen kann jedoch durch die Verwendung eines modengekoppelten Lasers erreicht werden. Da diese Art der Taktreferenz in der optischen Domäne liegt, erfordert ein solches System neuartige elektrooptische Schaltungen. Für die Frequenzsynthesizer-Anwendung bestimmt ein balancierter Modulator die Phasendifferenz zwischen der optischen Referenz und einem elektronisch abstimmbaren Oszillator. Der optische Ausgang des Intensitätsmodulators wird dann über ein Paar Photodioden in einen elektrischen Strom umgewandelt. Diese Art von Frequenzsynthesizern weist ein ausgezeichnetes niedriges Rauschen auf, welches das Rauschen von Quarz- und SAW-basierten Frequenzsynthesizern weit übertrifft.



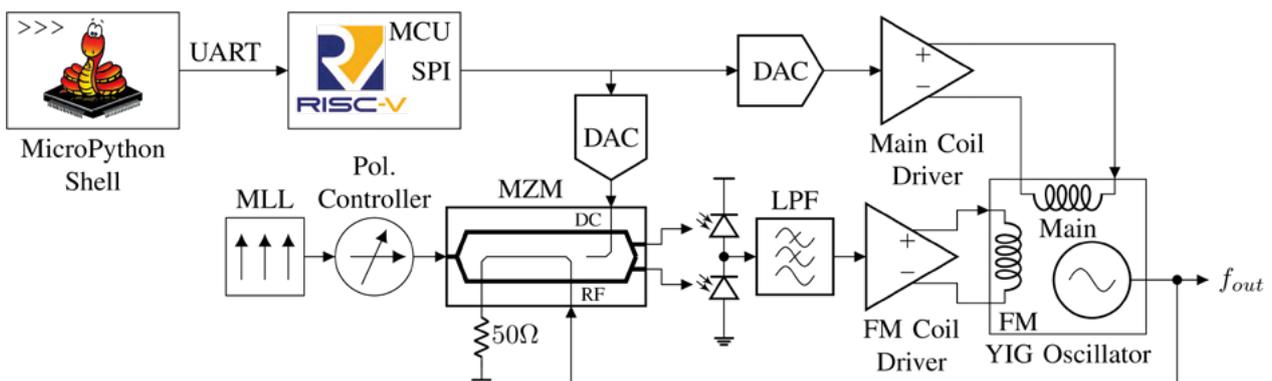
**Meysam Bahmanian, M.Sc.**

E-Mail: Meysam.Bahmanian@upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 63 29



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



Blockdiagramm eines optoelektronischen Frequenzsynthesizers  
Block Diagram of the opto-electronic frequency synthesiser

---

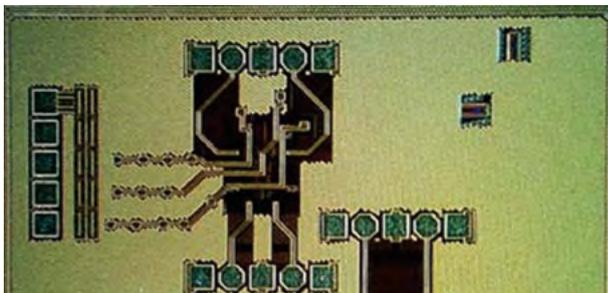
## Metrology for THz communication

---

The continuously increasing demand for higher data rates in wireless communications is forcing the use of new, untapped frequency bands. Currently, industrial and academic groups all over the world investigate how frequency bands between 100 GHz and 1000 GHz (1 THz) can be used for high-data-rate wireless communication. The DFG Research Unit Meteracom paves the way for future THz communication systems.

### Framework and targets

The capability to perform measurements and evaluate these measurements in a proper way are crucial for the advancement of THz communication systems. Metrology at THz frequencies is, however, very challenging and still in its infancy. In the Research Unit “Metrology for THz Communication” (METERACOM, FOR 2863), a consortium of universities, the



Chip-Mikrografie eines optisch-geschalteten Emitterfolger-Abtast-Halte-ICs, gefertigt in einer Silizium-Photonik-BiCMOS-Technologie  
Chip microphotograph of the optically-switched emitter-follower IC fabricated in silicon photonic BiCMOS technology

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) and the National Physics Laboratory of Great Britain (NPL), addresses the major challenges of THz metrology in a systematic way. The target is to establish measurement methods which are traceable to the international system of units (SI) to evaluate THz measurement devices and perform THz system measurements. In the Meteracom project, the “System and Circuit Technology” workgroup contributes with its expertise to an ultra-low-jitter optoelectronic frequency synthesiser design. This low jitter frequency synthesiser puts the maximum data rate at higher bit rates that are theoretically limited by the jitter of the transceiver’s local oscillator. In addition, the “System and Circuit Technology” workgroup develops ultra-wide-band optically-switched electronic sampler ICs as well as a new generation of all-optical sampler ICs in an advanced silicon photonics technology.

### Ultra-low noise frequency synthesiser

One of the bottlenecks of a highspeed sampler is the phase noise of its reference clock. The standard quartz and surface acoustic wave (SAW) frequency references have a relatively good phase noise performance. Improved noise performance, however, can be achieved by using a mode-locked laser. Since this type of clock reference is in the optical domain, the interaction of electronic circuitry requires novel circuitry in the electro-optical domain. For the frequency synthesiser application, a balanced intensity modulator discriminates the phase difference between the optical reference and an electronic tunable oscillator. The optical output of the intensity modulator is then converted into an electrical current via a pair of photodiodes. This type of frequency synthesiser shows excellent low noise performance which can surpass the noise performance of quartz as well as SAW based frequency synthesiser.

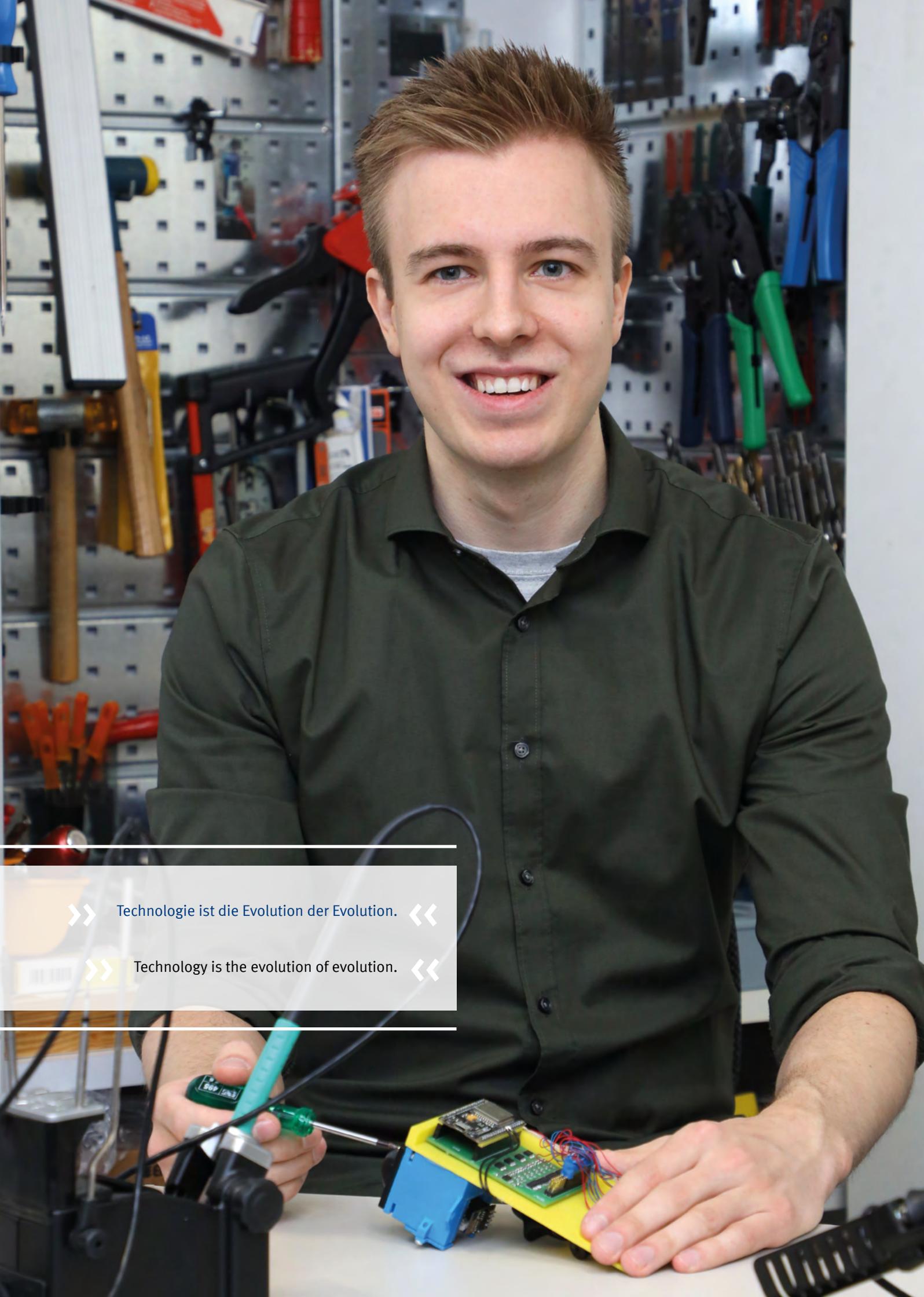


Meysam Bahmanian, M.Sc.  
E-mail: [Meysam.Bahmanian@upb.de](mailto:Meysam.Bahmanian@upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 63 29



Supported by: German Research Foundation (DFG)

---



Technologie ist die Evolution der Evolution.



Technology is the evolution of evolution.



---

## Pascal Kneuper

M.Sc.  
Schaltungstechnik

---

Mein Name ist Pascal Kneuper und ich bin seit September 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“. Dort arbeite ich bereits seit 2017, zunächst als studentische Hilfskraft, dann als Bachelorand, WHB und schließlich absolvierte ich auch meine Masterarbeit in der Fachgruppe. Wie man sieht, hat es mich schon früh im Studium zur Schaltungstechnik gezogen, Vorreiter dabei war wohl vor allem mein Interesse an der Mikrocontrollertechnik. Dabei reizt mich besonders das Zusammenspiel aus Hardware und Software, aus der kreativen Systemplanung und der praktischen Implementierung. Was sonst hobbymäßig in der Heimwerkstatt stattgefunden hat, konnte ich dann in meiner Bachelorarbeit anwenden: Darin haben wir ein Handheld-Device entwickelt, mit dem sehbehinderte Personen über Radar ihre Umgebung wahrnehmen können. Dabei werden von einem Mikroradar ermittelte Distanzinformationen auf kleinste Vibrationsmotoren abgebildet, die der Träger mit den Fingerspitzen abtasten kann. Das System stellen wir Anfang 2021 auf der European Microwave Week vor.

Durch die Beschäftigung mit dem Mikroradar bin ich schließlich auch zum Thema meiner Masterarbeit und nun auch meines Promotionsthemas gekommen: der Entwicklung von schnellen Radarschaltungen mit Frequenzen von 60 GHz bis über 150 GHz hinaus. Genauer dreht sich meine Forschung um die Implementierung eines neuartigen elektro-optischen Radarsystems in Siliziumphotonik-Technologie. Das Radar soll schließlich kognitiv arbeiten, das heißt, es soll sich mittels Machine Learning selbst steuern und seine Parameter automatisch an die Umgebung anpassen.

Als Ausgleich zur Arbeit gehe ich momentan sehr gerne in die Boulderhalle. Das Bouldern hat für mich viele Parallelen zur Forschung: Man begegnet Problemen, die einen zunächst überfordern. Doch wenn man nicht aufgibt und immer weiter daran arbeitet, merkt man schnell, wie man besser wird, wie die Probleme kleiner und machbarer werden, bis man sie schließlich doch lösen kann. Und anschließend stürzt man sich mit Freude direkt auf die nächste Herausforderung.

---

## Pascal Kneuper

M.Sc.  
System and Circuit Technology

---

My name is Pascal Kneuper and I have been a research assistant in the “Circuit and System Technology” workgroup since September 2020. I have been working for the workgroup since 2017, first as a student assistant and then as a bachelor student, WHB and finally I completed my master's thesis in the workgroup. As you can see, I was drawn to circuit technology early in my studies. The main reason for this was probably my interest in microcontroller technology. I am particularly interested in the interaction of hardware and software, of creative system planning and the practical implementation. What otherwise took place in my home lab as a hobby, I could then apply in my bachelor's thesis: There, we developed a hand-held device that enables visually impaired users to perceive their surroundings via radar. Distance information obtained by a micro radar is mapped onto tiny vibration motors that the user can scan with their fingertips. We will be presenting the system at the European Microwave Week in early 2021.

My involvement with the micro radar has finally led me to the topic of my master's thesis and now also to my PhD topic: The development of fast radar circuits with frequencies from 60 GHz to beyond 150 GHz. More specifically, my research deals with the implementation of a novel electro-optical radar system in silicon photonics technology. In the end, the radar should work cognitively, i.e. it should control itself by machine learning and automatically adapt its parameters to the environment.

As a balance to my work, I currently enjoy going to the bouldering hall. For me, bouldering has many parallels to the work performed as a researcher. You encounter problems that overstrain you at first. However, if you don't give up and you keep working on it, you soon notice how you get better, how the problems get smaller and more manageable until you can solve them after all. And then, you are happy to plunge straight into the next challenge.

# Entwurf, Regelung und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

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

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

Telefon: +49 52 51 | 60 62 76



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

 **acatech**

MITGLIED VON

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

# Design, control and optimisation of intelligent mechatronic systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Model-based design is an essential technology in the development of mechatronic systems. The specification of components, such as actuators and sensors as well as controller synthesis and system tests, are based on models. The integration of modeling and simulation in the design process is of vital importance in the development of intelligent mechatronic products.

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

Phone: +49 52 51 | 60 62 76

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

 acatech

MEMBER OF  
GERMAN ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING



---

## Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik

---

Die Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ befasst sich schwerpunktmäßig mit innovativen Methoden zum Entwurf von Regelungen und deren Anwendung sowie mit Fragen der Entwurfsmethodik für mechatronische Systeme. Eine Herausforderung liegt in der zunehmenden Vernetzung der betrachteten Systeme, die durch die digitale Transformation rasant befördert wird.

### **Modellbasierter Entwurf und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme**

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

### **Modellierung und Analyse des Systemverhaltens**

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

oder Leistungsaufnahme, am Modell spezifizieren, woraus sich weitere Eigenschaften wie Gewicht und Bauraum ableiten lassen. Neben den einzelnen Komponenten lässt sich auch das Verhalten des Gesamtsystems einschließlich Regelung und Software-Implementierung untersuchen.

### **Regelungsentwurf und Optimierung**

Beim Entwurf von Regelungs- und Steuerungssystemen geht es zum einen um die Sicherstellung eines gewünschten funktionalen Verhaltens (Regelgüte, Robustheit). Bei komplexen hierarchischen Systemen ist es aber ebenso wichtig, durch die Regelungsstruktur die Komplexität beherrschbar zu halten. Hier hat es sich bewährt, auf kaskadierte Regelungsstrukturen zu setzen. Ausgehend von dezentralen, häufig einschleifigen Reglern auf den unteren Ebenen werden auf höheren Ebenen zunehmend mehrschleifige Regler verwendet. Die Inbetriebnahme der Regler kann dann sukzessiv „von unten nach oben“ erfolgen. Wie bei der Modellierung ist es auch beim Regelungsentwurf wichtig, physikalisch interpretierbare Signalschnittstellen zu verwenden. Optimierungstechniken stellen ein mächtiges Werkzeug beim Entwurf von Regelungen dar. Die Entwurfsanforderungen müssen hierzu als Gütemaße quantifiziert werden. Üblicherweise sind die unterschiedlichen Entwurfsanforderungen gegenläufig, sodass Mehrzieloptimierungsverfahren zum Einsatz kommen, die bestmögliche Kompromisseinstellungen liefern. Wird die Zielgewichtung im Betrieb variiert, sprechen wir von selbstoptimierenden Systemen.

### **Lernende Verfahren**

Sind die Wirkzusammenhänge für eine physikalische Modellierung zu komplex, setzen wir datenbasierte und lernende Verfahren (machine learning) ein. Unsere Forschungsfragen hierbei liegen in der geeigneten Zusammenführung von Modellwissen und erlerntem, auf Datenanalyse beruhendem Wissen.

---

## Workgroup Control Engineering and Mechatronics

---

The “Control Engineering and Mechatronics” workgroup conducts interdisciplinary research at the interface between mechanical engineering, electrical engineering and information technology. The design of new active system groups by means of a functional approach includes systematic integration, conception and the operation of distributed processes under real-time conditions.

### **Model based design and optimisation of intelligent mechatronic systems**

The model-based design of mechatronic systems provides the basis for a computer-aided layout and an analysis of future products and their features, using a model created at an early design stage. Our aim is to increase the informative value of the models and of product features derived from the model in a way that will make it possible to significantly reduce the number of expensive tests on elaborate prototypes. Models can also be employed successfully in the operating phase, e.g. in online diagnosis or for predictive quality. After all, models of dynamic behaviour are an indispensable element in the analysis, synthesis and optimisation of controls.

### **Modelling and analysis of the system behaviour**

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

### **Controller design and optimisation**

The design of feedforward and feedback control systems is firstly a matter of obtaining a desired functional behaviour (quality of control, robustness). However, with complex hierarchical systems it is equally important to keep their complexity manageable by means of the control structure. Here, the use of cascaded control structures has proved its worth. Whereas decentralised, often single-loop controllers are used on the lower levels, multi-loop controllers are increasingly employed on the upper levels. The controllers can thus be put into operation “bottom-up”. As is the case with modelling, the control design also makes use of signal interfaces that can be interpreted physically. Optimisation methods provide a powerful tool for the design of controls. For this purpose, the design requirements have to be quantified to serve as quality criteria. As the different design requirements are usually to some extent contradictory, multi-objective optimisation methods that yield the best possible compromise must be applied. In the case of varying weights of the criteria, we speak of self-optimising systems.

### **Learning systems**

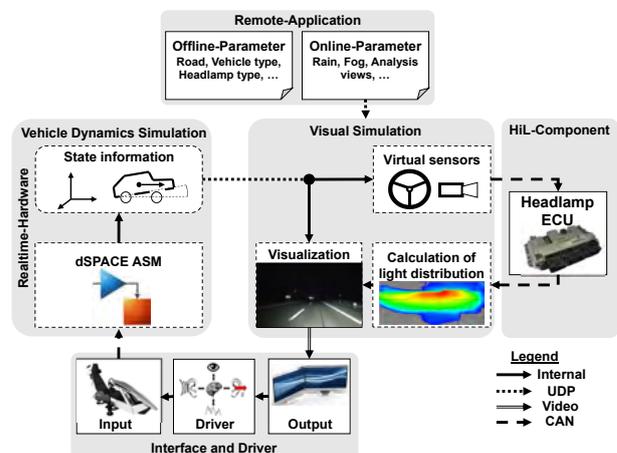
If physical modelling of the dynamic behaviour is too complex, we also use techniques of machine learning and data-based methods. Our research challenge lies here in an appropriate combination of model-based and data-based knowledge.

## Smart Headlamp Technology

2020 wurde das geförderte Forschungsprojekt „Smart Headlamp Technology“ erfolgreich abgeschlossen.

Das 2017 gestartete Projekt „Smart Headlamp Technology“ (SHT) wurde durch den europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE.NRW) gefördert und als Kooperation der Universität Paderborn, der TU Dortmund, dem Fraunhofer IEM und dem Scheinwerferhersteller HELLA GmbH & Co. KGaA. durchgeführt. Ziel war die Realisierung eines ganzheitlichen Entwicklungsprozesses für zunehmend komplexer werdende Scheinwerfersysteme.

Zur systematischen Entwicklung moderner Scheinwerfersysteme erfolgt der im SHT-Projekt konzipierte Ablauf in drei Stufen. Es beginnt mit der virtuellen Nachtfahrt in einem Fahr-Simulator. In dieser ersten Stufe genügen virtuelle Prototypen aller Komponenten des Scheinwerfersystems. Sobald diese virtuellen Prototypen einen hinreichenden Reifegrad erreicht haben, werden in der zweiten Stufe Hardware-in-the-Loop (HiL) Tests an physischen Prototypen vollzogen. Hierbei können sowohl das Steuergerät des Scheinwerfersystems als auch die Scheinwerfer selbst im Rahmen von HiL-Tests erprobt werden. Letztere werden dazu auf einem Hexapod montiert, welcher die Bewegungen und Beschleunigungen einer realen Fahrt nachbildet. Im Lichtkanal der HELLA kann der Einfluss dynamischer Bewegung auf die Ausleuchtung des Fahrzeugvorfelds somit ohne die Durchführung einer realen Nachtfahrt weitgehend untersucht werden. Bei der Umsetzung dieser Bewegungsplattform war der Wissenstransfer vom Heinz Nixdorf Institut, das bereits viel Know-how in Bezug auf die Konzeption und Regelung von Hexapoden sammeln konnte, an das Fraunhofer IEM ein maßgeblicher Treiber. Im dritten Schritt schließen sich die Nachtfahrten mit einem Versuchsträger an. Hierzu werden die prototypischen Scheinwerfer an einem Fahrzeugrack montiert und im realen Verkehr erprobt. Ziel der vorgelagerten Schritte ist die Minimierung dieser realen Nachtfahrten. Sie sind aufgrund des mangelhaften Fußgängerschutzes und des möglichen Fehlverhaltens des Scheinwerfersystems gefährlich. Außerdem sind derartige Testfahrten bedingt durch die erforderlichen Witterungsbedingungen und Tageszeiten sowie die aufwendigen Vorbereitungen zeit- und kostenintensiv.



Architektur der am Heinz Nixdorf Institut entwickelten Nachtfahrtsimulation „Hyperion“.

Architecture of the night driving simulation „Hyperion“ developed at Heinz Nixdorf Institute.

Aufgabe des Heinz Nixdorf Instituts innerhalb des Projekts war der Entwurf einer virtuellen Nachtfahrtsimulation, welche unter dem Namen „Hyperion“ auch nach Projektende weiterentwickelt wird. Den wissenschaftlichen Kern stellt die Echtzeit-Simulation der hochauflösenden Scheinwerfer dar. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Vielzahl von einzelnen ansteuerbaren Lichtquellen (Pixellichter) aufweisen. Während im SHT-Projekt noch ein HD84-Matrix-LED-Scheinwerfersystem betrachtet wurde, welches über ca. 100 Pixellichter pro Scheinwerfer verfügt, werden zukünftige SSL|HD-Systeme einige 10.000 Lichtquellen beinhalten. Die Echtzeit-Simulation derartiger Systeme erfordert effiziente Algorithmen, die die einzelnen Lichtverteilungen aller Pixellichter innerhalb weniger Millisekunden zu einer Gesamtlichtverteilung des Scheinwerfers zusammenführen. Da das Steuergerät die Dimmwerte der Pixellichter mit einer Frequenz von etwa 50 Hertz auf die vorliegende Fahrsituation anpasst, muss die Berechnung der Gesamtlichtverteilung ständig neu erfolgen. Die erforderliche Leistungsfähigkeit konnte durch die Gestaltung eines parallelen und ausgangssensitiven Algorithmus realisiert werden.



**Nico Rueddenklau, M.Sc.**

E-Mail: Nico.Rueddenklau@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 63 18



Gefördert durch: EFRE.NRW

Projektträger: Forschungszentrum Jülich

Projektpartner: Fraunhofer IEM, TU Dortmund, HELLA GmbH & Co. KGaA.

---

## Smart Headlamp Technology

In 2020, the funded research project “Smart Headlamp Technology” was successfully completed.

---

The “Smart Headlamp Technology” (SHT) project launched in 2017 was supported by the European Regional Development Fund (EFRE.NRW) and was developed as a cooperation between the Paderborn University, the Technical University of Dortmund, the Fraunhofer IEM and the headlamp manufacturer HELLA GmbH KGaA & Co. KG. The aim was the realisation of a holistic development process for increasingly complex headlamp systems.

For the systematic development of modern headlamp systems, the process conceived in the SHT project takes place in three stages. It begins with virtual night driving in a driving simulator. In this first stage, only the virtual prototypes of all the components of the headlamp system are sufficient. Once these virtual prototypes have reached a suitable level of maturity, the second stage involves hardware-in-the-loop (HiL) tests on physical prototypes. Here, both the control unit of the headlamp system and the headlamps themselves can be tested in HiL tests. The latter are mounted on a hexapod that simulates the movements and accelerations of a real drive. In the light channel of HELLA, the influence of dynamic movement on the illumination of the vehicle apron can thus be investigated to a large extent without having to perform a real night drive. The transfer of knowledge from Heinz Nixdorf Institute, which has already been able to gather a great deal of expertise in the design and control of hexapods, to Fraunhofer IEM was a major driver in the implementation of this motion platform. In the third step, night drives with an experimental vehicle will follow. For this purpose, the prototypical headlamps are mounted on a vehicle rack and tested in real traffic. The aim of the preceding steps is to minimise these real night drives. They are dangerous because of the inadequate pedestrian protection and the possible malfunction of the headlamp system. Furthermore, such test drives are time-consuming and cost-intensive due to the required weather conditions, the time of day as well as the complex preparations.

The task of the Heinz Nixdorf Institute within the project was the design of a virtual night driving simulation, which was further developed under the name “Hyperion” even after the end of the project. Its architecture is illustrated in Figure 1. The scientific core is the real-time simulation of high-resolution headlamps. These are characterised by a multitude of individually controllable light sources (pixel lights). While in the SHT project, an HD84-Matrix-LED-system was considered, which has about 100 pixel lights per headlamp, future SSL|HD systems will include some 10,000 light sources. The real-time simulation of such systems requires efficient algorithms that



**Nico Rueddenklau, M.Sc.**

E-mail: Nico.Rueddenklau@hni.upb.de

Phone: +49 5251 | 60 63 18



Supported by: EFRE.NRW

Project management: Jülich Research Centre

Project partners: Fraunhofer IEM, TU Dortmund, HELLA GmbH & Co. KGaA.

---

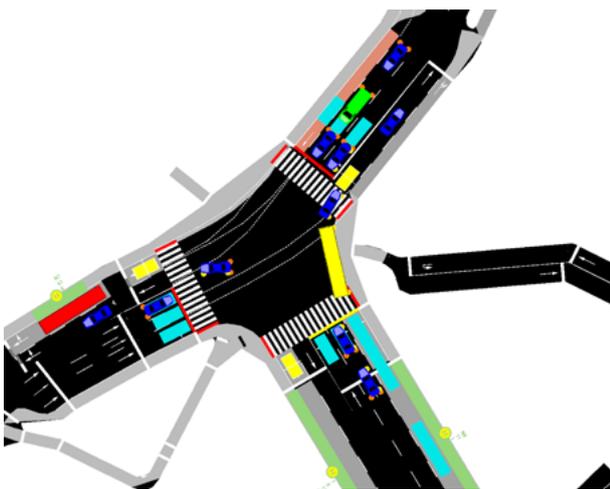
combine the individual light distributions of all pixel lights within a few milliseconds to an overall light distribution of the headlamp. Since the control unit adapts the dimming values of the pixel lights to the existing driving situation at a frequency of about 50 Hertz, the overall light distribution must be constantly recalculated. The necessary performance could be achieved by designing a parallel and output sensitive algorithm.

## Pilotprojekt Schlosskreuzung

### Optimierung des innerstädtischen Verkehrsflusses durch intelligente Lichtsignalanlagen

Im Rahmen des „Pilotprojekt Schlosskreuzung“ soll den aktuellen Problemen des urbanen Verkehrs mit neuartigen Methoden zur Verkehrsführung begegnet werden. Zu diesem Zweck wird der Verkehr in Schloß Neuhaus stetig erfasst und die ideale Schaltung der verfügbaren Lichtsignalanlagen (LSA) soll berechnet werden. So ist es möglich, flexibel auf Verkehrssituationen zu reagieren und Stauungen, Wartezeiten sowie Emissionen zu reduzieren.

Stauungen und stockender Verkehr im Straßenverkehr sind nicht nur eine Belastung für die betroffenen Verkehrsteilnehmer, sondern auch für die Umwelt durch erhöhte Lärm- und Schadstoffemissionen. Insbesondere Kreuzungen, an denen sich verschiedene Verkehrsströme überschneiden, sind häufig eine Ursache für derartige Beeinträchtigungen. Durch die Entwicklung und den Einsatz von Algorithmen zur intelligenten Schaltung von LSA sollen im Zuge dieses Projektes das Problem angegangen und eine Verstetigung des Verkehrsflusses erreicht werden. Innerhalb der dreijährigen Laufzeit soll das mit 1,7 Millionen Euro vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW geförderte Projekt im Paderborner Stadtteil Schloß Neuhaus erprobt und das entwickelte System schließlich dauerhaft integriert werden.



Verkehrssimulation einer Kreuzung in Schloß Neuhaus  
Traffic simulation of an intersection in Schloß Neuhaus

Seit dem Projektstart im Frühjahr 2019 sind bereits diverse Fortschritte erzielt worden. Der Industriepartner Stührenberg hat die entsprechenden LSA in Schloß Neuhaus umgerüstet, um diese für die Verkehrsflussregelung vorzubereiten. Mithilfe des Partnerunternehmens RTB wurden des Weiteren zahlreiche Messstellen installiert, die in der Lage sind, anonyme Verkehrsdaten in Echtzeit zu erfassen und weiterzuleiten. Darauf



**Christopher Link, M.Sc.**

E-Mail: Christopher.Link@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 63 39



**Kevin Malena, M.Sc.**

E-Mail: Kevin.Malena@hni.upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 62 78



Gefördert durch:



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



Projektträger: Bezirksregierung Detmold

Projektpartner: Stadt Paderborn, RTB GmbH & Co. KG, Stührenberg GmbH

aufbauend wurde am RtM ein Beobachtermodell entwickelt, welches aus diesen Daten die aktuell vorliegende Verkehrssituation im betrachteten Gebiet rekonstruiert. Neben den Daten der Messstellen werden hierfür außerdem Signale der Induktionsschleifen in den Kreuzungsbereichen sowie Informationen des öffentlichen Nahverkehrs integriert. Die dadurch erlangte Kenntnis des Verkehrsaufkommens ermöglicht es schließlich einem gegenwärtig in der Entwicklung befindlichen Regelungsalgorithmus, die ideale Schaltung der LSA zu berechnen. Zu diesem Zweck wurden Regelungsansätze aus den Bereichen der Fuzzy-Logik, des Reinforcement Learning sowie der modellprädiktiven Regelung genauer untersucht. Insbesondere das letztgenannte Verfahren bietet große Potenziale, da es eine Berücksichtigung der prognostizierten zukünftigen Verkehrsentwicklung sowie eine flexible Wahl der Optimierungskriterien umfasst. Die grundsätzliche Funktionsfähigkeit des Algorithmus wurde bereits simulativ demonstriert und wird aktuell weiterentwickelt. Damit auch andere Regionen von den Ergebnissen dieses Pilotprojektes profitieren, wird zudem bei der Entwicklung der Lösungen stets die einfache Übertragbarkeit der Algorithmen berücksichtigt. Für das kommende Jahr steht in Kooperation mit der Stadt Paderborn sowie den Industriepartnern die Erprobung der Regelung im realen Straßenverkehr bevor.

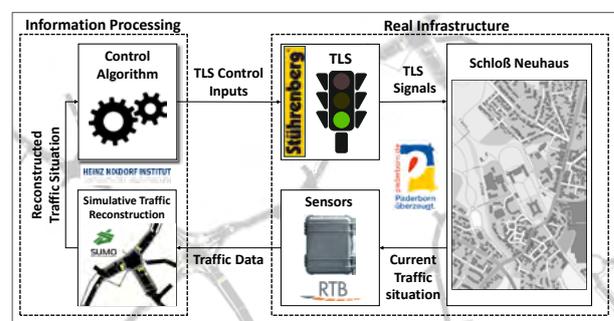
## “Pilotprojekt Schlosskreuzung”

### Optimisation of inner-city traffic flow through intelligent traffic light systems

Within the framework of the “Pilotprojekt Schlosskreuzung”, the current problems of urban traffic are to be met with novel methods of traffic management. For this purpose, the traffic in Schloß Neuhaus will be continuously monitored and the ideal control commands for the local traffic light systems (TLS) will be computed. Thus, it is possible to react flexibly to traffic situations and reduce congestion, waiting times and emissions.

Congestion and stop-and-go traffic are not only a burden for the affected road users, but also for the environment through increased noise and pollutant emissions. Especially intersections, where different traffic flows overlap, are often a cause for such impairments. In order to address this problem and to achieve a steady traffic flow, the goal of this project is the development and application of algorithms for the intelligent control of TLS. Within the three-year term of the project, which is funded with 1.7 million euros by the Ministry of Economic Affairs, Innovation, Digitalisation and Energy of the State of North Rhine-Westphalia, the project is to be tested and permanently integrated in the Paderborn district of Schloß Neuhaus.

Since the start of the project in early 2019, much progress has been made. The industrial partner Stührenberg has converted the corresponding TLS in Schloß Neuhaus in order to prepare them for the traffic flow control system. With the assistance of the partner company RTB, numerous sensors have also been installed that are capable of recording and forwarding anonymous traffic data in real time. Based on this data, an observer model was developed by the RtM, which reconstructs the current traffic situation in the area under consideration. In addition to the data from the sensors, signals from the induction loops in the intersection areas as well as information from local public transport are integrated. The resulting knowledge of



Systemstruktur des Regelkreises  
System structure of the control loop

the traffic volume finally enables a control algorithm currently under development to calculate the ideal control inputs for the TLS. For this purpose, control approaches from the fields of fuzzy logic, reinforcement learning and model-predictive control were examined in detail. Especially the latter method offers great potentials, since it includes a consideration of the predicted future traffic development as well as a flexible choice of optimisation criteria. The basic functionality of the algorithm has already been demonstrated in simulations and is currently being further developed. To ensure that other regions also benefit from the results of this pilot project, the transferability of the algorithms is continually taken into account in the development of the solutions. In cooperation with the city of Paderborn and the industrial partners, the control system will be tested in real road traffic next year.



**Christopher Link, M.Sc.**  
E-mail: Christopher.Link@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 39



**Kevin Malena, M.Sc.**  
E-mail: Kevin.Malena@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 78



Supported by:



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



Project management: District Government Detmold

Project partners: City of Paderborn, RTB GmbH & Co. KG, Stührenberg GmbH

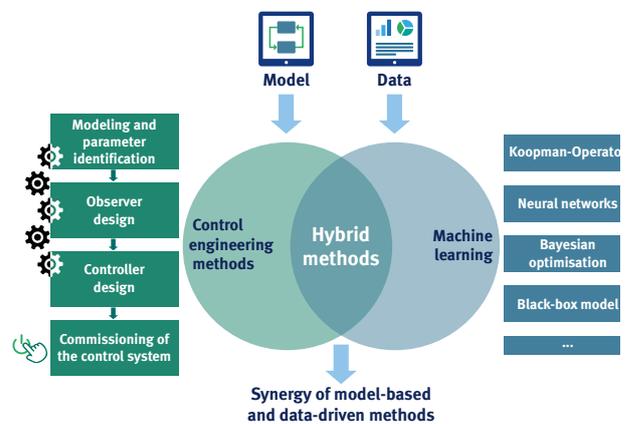
## Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik

Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert neue Nachwuchsgruppe

Im Zuge der Digitalisierung erfahren künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen aktuell eine hohe Aufmerksamkeit seitens Wissenschaft und Industrie. Die Nachwuchsgruppe „DART – Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik“ erforscht die synergetische Kombination von datengetriebenen und modellbasierten Methoden in der Anwendung auf regelungstechnische Probleme.

In den Ingenieurwissenschaften, in unserem Fall in der Regelungstechnik, werden bereits datengetriebene Verfahren eingesetzt, jedoch vorwiegend als Alternative zur physikalischen Modellierung dynamischen Verhaltens bzw. zu fachspezifischen Methoden des Regelungs- und Steuerungsentwurfs oder in einer pragmatischen einfachen Kombination. Das Ziel der Nachwuchsforschungsgruppe DART ist es daher, neuartige hybride Methoden für regelungstechnische Probleme zu entwickeln, indem die bewährten physikalisch motivierten Verfahren mit den modernen datengetriebenen Verfahren kombiniert werden und so die größtmögliche Performanz beim Regelungsentwurf erzielt werden kann. Diese hybriden Ansätze gehen weit über einfache, pragmatische Kombinationen hinaus, weil sie auf strukturell gut begründeten Kompositionen aus aufeinander zugeschnittenen Verfahren beruhen, die ihre Vorteile synergetisch vereinen. Dabei werden alle typischen Entwurfsschritte einer Regelung adressiert, wodurch wir in der Lage sind, alle Aspekte der klassischen Regelungstechnik gesamthaft durch hybride Ansätze mit datenbasierten Methoden zu erweitern.

Einer der von der Nachwuchsgruppe betrachteten Forschungsansätze ist die Verwendung des Koopman-Operators für hybride Methoden in der Regelungstechnik. Der Koopman-Operator ist ein linearer, im Allgemeinen unendlich dimensionaler Operator. Für algorithmische Anwendungen lässt sich der Koopman-Operator zum einen numerisch als Matrix, zum anderen durch Entwicklung in endlich viele Eigenfunktionen approximieren. Diese beiden Strategien haben sich erst in den letzten Jahren durch die enorme Steigerung der Rechenleistung im Bereich des maschinellen Lernens entwickelt, wodurch die fast 90 Jahre alte Arbeit Koopmans wieder aufgegriffen wurde.



Projektübersicht von DART  
Project overview DART

Durch die Transformation auf eine lineare Systembeschreibung versprechen wir uns eine so deutliche Verringerung des Rechenaufwands oder Vereinfachung der Online-Simulation des internen Modells im Regler bzw. Beobachter, dass Echtzeitanwendungen, z. B. in einer modellprädiktiven Regelung, für Systeme möglich werden, wo dies bislang ausgeschlossen war. Außerdem existiert für lineare dynamische Systeme eine nahezu vollständig ausgearbeitete Systemtheorie und damit verbunden eine Vielzahl bewährter Entwurfsverfahren der Regelungstechnik.

Während der Projektlaufzeit entwickelt die Nachwuchsgruppe einen regelungstechnischen Demonstrator, an dem die hybriden Ansätze zusammengeführt und die hybride Vorgehensweise den klassischen Methoden gegenübergestellt werden kann. Der geplante Prüfstand stellt ein allgemein verständliches regelungstechnisches Anwendungsbeispiel dar und kann auch öffentlichkeitswirksam vorgeführt werden.



Dr.-Ing. Julia Timmermann  
E-Mail: Julia.Timmermann@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 81



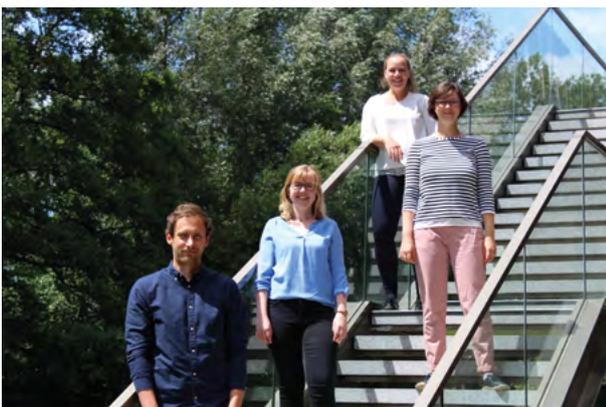
Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Projekträger: DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

## Data-driven methods in control engineering

### Federal Ministry of Education and Research supports new junior research group

In the course of digitalisation, artificial intelligence and machine learning are currently receiving much attention from science and industry. The junior research group “DART – Data-driven methods in control engineering” investigates the synergetic combination of data-driven and model-based methods in the application to control engineering problems.

In the engineering sciences, in our case in control engineering, data-driven methods are already applied, but mainly as an alternative to the physical modelling of dynamic behaviour, e.g. to specific methods of control design or in a pragmatic, simple combination. Therefore, the goal of the junior research group DART is to develop novel hybrid methods for control engineering problems by combining the proven physically motivated methods with modern data-driven methods in order to achieve the highest possible performance in control design. These hybrid approaches go far beyond simple, pragmatic combinations, since they are based on structurally well-founded compositions of tailored methods that synergistically combine their advantages. Thereby, every step of control design is addressed, which enables us to extend all the aspects of classical control engineering by hybrid approaches with data-based methods.



Bilden die neue BMBF-Nachwuchsgruppe am Heinz Nixdorf Institut:/  
The new BMBF junior research group at the Heinz Nixdorf Institute:  
M.Sc. Michael Hesse, M.Sc. Ricarda Götte, M.Sc. Annika Junker and  
Dr.-Ing. Julia Timmermann (v.l./LTR)

One of the research approaches considered by the junior research group is the application of the Koopman operator for hybrid methods in control engineering. The Koopman operator is a linear, in general infinite dimensional operator. For algorithmic applications, the Koopman operator can be approximated, on the one hand, numerically as a matrix and, on the other



**Dr.-Ing. Julia Timmermann**  
E-mail: Julia.Timmermann@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 81



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

Project management: German Aerospace Center (DLR)

hand, by development into finitely many eigenfunctions. These two strategies have only evolved in recent years due to the enormous increase in computing power in the field of machine learning, which has led to a revival of Koopman's almost 90 year old work. By transforming to a linear system description, we hope to achieve such a significant reduction of computational effort or simplification of the online simulation of the internal model in the controller or observer that real-time applications, e.g. in model-predictive control, will become possible for systems where this was previously impossible. In addition, there is an almost completely elaborated system theory for linear dynamic systems and thus a multitude of proven design methods of control engineering.

During the course of the project, the junior research group will develop a demonstrator that will allow the hybrid approaches to be brought together and compared with classical control engineering methods. The planned test bench represents a generally understandable example of a control engineering application and can also be demonstrated effectively to the public.

# Paderborn



»» Ein Wunsch ist ein Ziel ohne Datum. ««

»» A wish is an aim without a date. ««

---

## Kevin Malena

M.Sc.  
Regelungstechnik und Mechatronik

---

Mein Name ist Kevin Malena, ich bin wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ und ich komme aus der Welt- und Wesermetropole Boffzen. Die Fragen „Wer bin ich?“ und „Woher komme ich?“ sind damit ja schon (fast) im ersten Satz beantwortet worden. Um die nächste Frage „Was mache ich?“ zu beantworten, fällt mir spontan ein: „Vieles!“. Privat verbringe ich gerne viel Zeit mit der Familie sowie im und mit Sport. Als klassischer Fußballer aufgewachsen und über meine Zeit beim SCP auch das erste Mal mit Paderborn in Kontakt gekommen, habe ich meinen Horizont neben dem aktiven Fußball nebenbei um andere Sportarten wie Tennis, Radsport und Triathlon erweitert. Und das ist mittlerweile auch etwas, was mich ein wenig ausmacht. Gerne stelle ich Sachen „auf Probe“, bin kritisch und lerne deshalb neue Dinge kennen.

Seit inzwischen fast zwei Jahren arbeite ich an der Universität Paderborn, wo ich auch den Großteil meiner Studienzeit verbracht habe. Obwohl ich durch Bachelorarbeiten (ich habe sowohl Technomathematik als auch Maschinenbau studiert) bei Volkswagen in Braunschweig oder durch meine Masterarbeit in Melbourne (Australien) gewohnt habe, bin ich gerne zurück nach Paderborn gekommen. Ich mag die Stadt wirklich sehr und die Nähe zu meiner Heimat ist mir auch sehr wichtig. „Weißt du nicht, wo Boffzen liegt, Boffzen an der Weser. Wo’s die schönen Mädchen gibt und die Einmachgläser...“ (aus dem Boffzen-Lied).

Meine Forschungstätigkeit als Doktorand befasst sich grundlegend mit Problemen und Fragestellungen, die den aktuellen Verkehr in urbanen Verkehrssystemen betreffen. Gemeinsam mit meinen Kollegen arbeite ich im Pilotprojekt Schlosskreuzung, in dem wir versuchen den Verkehr durch neue Methoden direkt hier bei uns in Schloß Neuhaus (Paderborn) positiv zu beeinflussen. Dementsprechend wird auch meine Dissertation in dem Themengebiet der innovativen Regelung von Verkehrssystemen durch Lichtsignalanlagen ihren Platz finden. Da der Verkehr ein sehr sensibler und sicherheitsrelevanter Bereich ist, müssen Verbesserungsideen zunächst auf Simulationsebene getestet werden, weshalb Modellierungen, Simulationen und eine Menge Programmierarbeit zu meinem Alltag gehören.

Das Schöne und Schwierige an meiner Arbeit ist, dass jeder schnell den Sinn versteht, weshalb auch immer die Frage aufkommt, weshalb wir „so lange“ dafür brauchen ...

---

## Kevin Malena

M.Sc.  
Control Engineering and Mechatronics

---

My name is Kevin Malena. I am a research associate at the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup and I come from the world and Weser metropolis Boffzen. The questions “Who am I?” and “Where do I come from?” are almost answered in the first sentence. To answer the next question “What am I doing?”, I would spontaneously answer: “A lot!”. Privately, I like to spend much time with my family and sports. Having grown up as a classic football player, I first had contact with Paderborn through my football time at SCP. Since then, I have broadened my horizon to other sports such as tennis, cycling and triathlon in addition to active soccer. And this open-mindedness is something that now characterises me a little. I often put things “to test”. I am critical and, therefore, I like to get to know new things.

I’ve been working at the university for almost two years now, and Paderborn is also the place where I spent most of my student days. Although I lived in Brunswick because of Volkswagen bachelor’s theses (I studied both Technomathematics and Mechanical Engineering.) or in Melbourne (Australia) for my master’s thesis. I enjoyed coming back to Paderborn. I really like the city and the proximity to my home is also very important to me. “Don’t you know where Boffzen is, Boffzen near the Weser? It’s where the beautiful girls and the preserving jars come from...” (translated excerpt from the Boffzen-Song)

My research work is basically concerned with problems and issues that affect traffic in current urban transport systems. Together with my colleagues, I work in the Pilot Project Schlosskreuzung, in which we try to positively influence the traffic by new developed methods here in Schloss Neuhaus (Paderborn). Accordingly, my dissertation will also find its place in the area of innovative controls for traffic systems through their traffic lights. Since traffic is a very sensitive and safety-relevant topic, ideas for improvement must first be tested on the simulation level, which is why modelling, simulations and a lot of programming are part of my everyday life.

The “beauty and beast” of my work is that everyone quickly understands the meaning, while at the same time, I am always asked why it takes us “so long” ...

---

## Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

---

Philosophie untersucht die fundamentalen Sinnbedingungen menschlichen Daseins, die Bedingungen der Möglichkeit von Kultur überhaupt. Dies schließt die Analyse von Grundatzfragen zu Wissenschaft und Technik ein. Die Fachgruppe untersucht Begründungsfragen zu Einzelwissenschaften ebenso wie Rechtfertigungsfragen im Kontext technischer Innovationen.

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

Telefon: +49 5251 | 60 24 11



[www.kw.upb.de/fach-philosophie](http://www.kw.upb.de/fach-philosophie)

# Stadtbibliothek

---

## Reflecting on science and technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

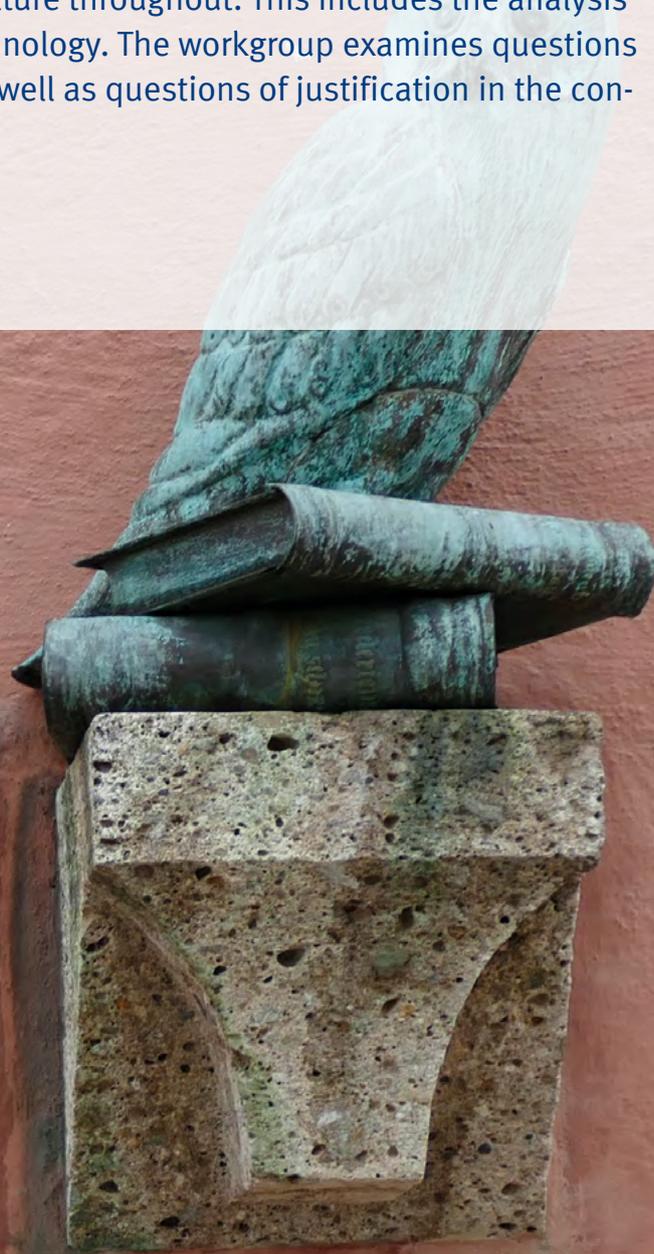
---

Philosophy investigates the fundamental meaning conditions of human existence, and the conditions of the possibility of culture throughout. This includes the analysis of fundamental issues of science and technology. The workgroup examines questions of validity concerning several sciences as well as questions of justification in the context of technical innovations.

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

Phone: +49 5251 | 60 24 11

thek



## 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 Zweifach-Bachelorstudiengang und den Master der Fakultät für Kulturwissenschaften als auch in die Studiengänge für das Unterrichtsfach Philosophie in mehreren Schulformen ein. Darüber hinaus wird Philosophie fakultätsübergreifend als Standard-Nebenfach für die Bachelorstudiengänge Informatik und Mathematik angeboten.

### Geschichte der Logik, Mathematik und Informatik

Ein Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe liegt in der Geschichte der neueren Logik und mathematischen Grundlagenforschung. Untersucht wird die Entwicklung der Logik von der traditionellen Urteilslehre bis hin zur Mathematischen Logik und Beweistheorie. Im Spannungsfeld des Dialoges zwischen Philosophie und Mathematik werden die historischen Bedingungen von Subdisziplinen der jüngeren Mathematik sowie der Theoretischen Informatik rekonstruiert.

### Formale Logik und mathematische Praxis

Im Fokus der Fachgruppe stehen Auseinandersetzungen über den Status der formalen Logik, die im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert maßgeblich von Mathematikern vorangetrieben wurden. Diese Diskussionen werden als Ausdruck des Bemühens gesehen, in der mathematischen Praxis entstandene Grundlagenprobleme zu bewältigen. Die Reformierung der Logik ist veranlasst vom pragmatischen Interesse, dem Mathematiker ein ungehindertes Arbeiten im eigenen Betätigungsfeld zu ermöglichen.

Die Fachgruppe fragt nach dem Verhältnis der praktischen Motivation einer neuen Grundlegung mathematischer Forschung zu deren theoretischen Implikationen und Konsequenzen in der Philosophie der Mathematik und Logik. Ein wichtiges Hilfsmittel dieser Arbeiten ist die Database for the History of Logic, eine bibliografische Sammlung mit Porträtarchiv, die in Paderborn aufgebaut wird und interessierten Logikhistorikern offensteht.

### Geschichte der Algebraisierung der Logik

Die Studien zur Philosophie der Mathematik und Logik werden ergänzt durch historische Forschungen zur Mathematisierung logischer Methoden im Kontext der Entstehung der symbolischen Logik im 19. Jahrhundert. Untersucht werden Stadien einer Überführung der klassischen syllogistischen Logik in formalisierbare Calculi, kraft derer Problemlösungsprozesse automatisiert werden sollen. Die Möglichkeit einer konzeptionellen Trennung von Struktur und Interpretation eines Systems wird in diesem Zuge vorbereitet.



Die sieben freien Künste aus dem Hortus deliciarum der Äbtissin Herrad von Landsberg (1170)  
The Seven Liberal Arts from the Hortus deliciarum of the abbess Herrad from Landsberg (1170)

---

## Workgroup Philosophy of Science and Technology

---

Assessment of the scientific and applied research demands the deliberate rational standards that are proved to be theoretically sound. Regarding both form and content, we study their conditions by way of historical analyses and systematic enquiries. Our main concerns are with the development of symbolic logic, formal semantics as well as with the philosophy of mathematics and the natural sciences.

### Conditions of scientific action

Our team is above all dedicated to the logical and cognitive conditions of knowledge and scientific action. Our teaching intends to convey the philosophical approach of querying propositions and of discursively assessing problems relating to these issues. Emphasis is placed on the philosophy of science, epistemology and methodology as well as on the philosophy of technology in its anthropological dimension. These are aids to considering norms for the assessment of the impacts of technological invention.

### Teaching philosophy

Our workgroup's topics are integrated into the respective areas of study of several degree programmes. They belong to the academic subject Philosophy, which can be chosen as an optional subject in both the Cultural Studies B.A. and the master's degree programme as well as in our teacher training courses. Philosophy is also a supplementary optional subject in the Information Sciences and Mathematics B.A. programmes.

### History of logic, mathematics and computer sciences

One of our core areas of research is the history of logic and studies in the foundations of mathematics. We focus on the deployment of logic into Mathematical Logic and Proof Theory. Here, the emergence of new sub-disciplines of mathematics and theoretical computer science is viewed in the light of interplay processes between philosophy and mathematics.

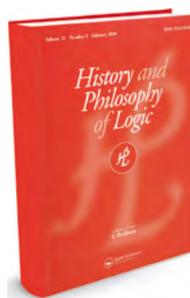
### Formal logic and mathematical practice

Our research concentrates on 19th and early 20th century controversies concerning the role of formal logic, a particular subject of debate among mathematicians. We consider their discussions as the expression of an endeavour to overcome foundational problems that had arisen from mathematical practice. Therefore, revising logic stems from the pragmatic goal of enabling the working mathematician to make unobstructed progress within their special fields of competence. We intend to analyse how this practical background to a new foundation of mathematics relates to its impact on the theoretical

philosophy of mathematics and logic. An important tool here is the publicly accessible bibliographic database for the History of Logic that we are currently compiling in Paderborn.

### Algebraization of logic in a historical perspective

Our studies in philosophy of mathematics and logic are supplemented by historical research on the algebraization of logical method due to the emergence of 19th century symbolic logic. Research is directed towards a gradual conversion of traditional logic into formal calculi, which are supposed to admit automatic processes of logical problem-solving. This indicates an emerging conceptual disjunction of the notions of structure and interpretation.



**History and Philosophy of Logic.**  
V. Peckhaus (Editor-in-Chief): *History and Philosophy of Logic*. Taylor & Francis, Milton Park, Oxon.



## Historisch-kritische Neuedition der Logik Immanuel Kants

im Rahmen eines Großvorhabens der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Im Rahmen des Großvorhabens Neuedition, Revision und Abschluss der Werke Immanuel Kants der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften arbeitet die Fachgruppe „Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik“ um Volker Peckhaus derzeit an der historisch-kritischen Neuedition der Logik Kants.

„Es sind bereits anderthalb Jahre, seit mir Kant den Auftrag erteilte, seine Logik, so wie er sie in öffentlichen Vorlesungen seinen Zuhörern vorgetragen, für den Druck zu bearbeiten, und dieselbe in der Gestalt eines compendiösen Handbuches dem Publicum zu übergeben. Ich erhielt zu diesem Zweck von ihm die selbsteigene Handschrift, deren er sich bei seinen Vorlesungen bedient hatte, mit Äußerung des besondern, ehrenvollen Zutrauens zu mir, daß ich, bekannt mit den Grundsätzen seines Systems überhaupt, auch hier in seinen Ideengang leicht eingehen, seine Gedanken nicht entstellen oder verfälschen, sondern mit der erforderlichen Klarheit und Bestimmtheit und zugleich in der gehörigen Ordnung sie darstellen werde“ (AA IX 3).

Mit diesen Worten beginnt Gottlob Benjamin Jäsche (1762 – 1842) seine Vorrede zu Immanuel Kants Logik: Ein Handbuch zu Vorlesungen, welches er noch zu Lebzeiten seines älteren Königsberger Kollegen Kant (1724 – 1804), nämlich zunächst 1800 und dann noch einmal 1801, publiziert.

In der Folgezeit wird der auch als Jäsche-Logik bezeichnete Text häufig ediert, 1923 erstmals auch in der Abteilung „Werke“ der sogenannten Akademie-Ausgabe, einer umfassenden Gesamtausgabe der Schriften Kants, die seit 1900 als Kants gesammelte Schriften in den Abteilungen „Werke“, „Briefwechsel“, „Handschriftlicher Nachlass“ und „Vorlesungen“ erscheint. Die Ausgabe avanciert ihrem Anspruch gemäß zum Vorbild späterer historisch-kritischer Ausgaben, ist jedoch bis heute nicht abgeschlossen und enthält zudem eine Vielzahl von zum Teil gravierenden Mängeln.

Mit der historisch-kritischen Neuedition der Akademie-Ausgabe der Jäsche-Logik ist die Fachgruppe „Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik“ um Volker Peckhaus derzeit beschäftigt – ungeachtet des umstrittenen Stellenwerts dieses Textes innerhalb der Schriften Kants. Dieses Projekt ist Teil des Großvorhabens Neuedition, Revision und Abschluss der Werke Immanuel Kants der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, für dessen Umsetzung neben Volker Peckhaus

zahlreiche weitere externe Forscher/innen im In- und Ausland verantwortlich sind.

Die Herausgeber/innen werden die Akademie-Ausgabe unter Berücksichtigung einheitlicher Editionsrichtlinien zu einem endgültigen Abschluss bringen, indem sie die Abteilungen Werke und Briefwechsel neu oder in revidierter Form herausgeben, essenzielle Textlücken füllen und Mängel beseitigen. Gegenüber der bisherigen Akademie-Ausgabe wird sich die Neuedition durch Originaltreue, Benutzerfreundlichkeit, den Einbezug des neuesten Forschungsstands und Transparenz auszeichnen. Neben einer Druck- wird außerdem eine Online-Version der Edition bereitgestellt werden. Auf diese Weise kann die Akademie-Ausgabe wieder zur internationalen Referenzausgabe für die wissenschaftliche Forschung werden.

Das Vorhaben ist Teil des Akademienprogramms der Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften, welches das derzeit größte geisteswissenschaftliche Forschungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland ist und der Erschließung, Sicherung und Vergegenwärtigung des kulturellen Erbes dient.



**Monja Reinhart, M.A.**

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

---

## Historico-critical re-edition of Immanuel Kant's Logic

As part of a large-scale project of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities

---

As part of the large-scale project *The Collected Works of Immanuel Kant – New Editions, Revisions and Completion of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities*, the workgroup “Philosophy of Science and Technology” led by Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical re-edition of Kant's Logic.

“It has already been a year and a half since Kant instructed me to edit his Logic for the press as presented by him in public lectures to his listeners, and to submit it to the public in the form of a compendious manual. To that end, I received from him the very manuscript he had used in his lectures, with an expression of the special honorable confidence in me that I, familiar with the principles of his system generally, would readily enter into the course of his ideas; and that I would not distort or falsify his thoughts but rather exhibit them with the requisite clarity and definiteness and at the same time in the appropriate order.” (Logic. Translated, with an introduction, by Robert S. Hartman and Wolfgang Schwarz, Dover edition, Dover publications, 1988. p. 5)

With these words, Gottlob Benjamin Jäsche (1762 – 1842) begins his preface to Immanuel Kant's Logic: A Handbook for Lectures, which he first published in 1800 and then again in 1801 while his senior Koenigsberg colleague Kant (1724 – 1804) was still alive.

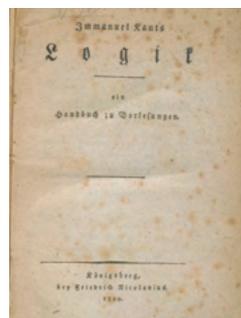
Since then, the text also known as Jäsche Logic has been edited numerous times. In 1923, it was included in the division “Published Works” of the so-called Academy Edition. The Academy Edition is a comprehensive edition of the complete writings of Kant, which was published under the name of “Kant's Collected Works” since 1900. This edition is divided into the following sections: “Published Works”, “Correspondence”, “Handwritten Remains”, and “Lecture Courses”. The edition claimed to become an example for future historico-critical editions, even though it was never completed and it is full of sometimes serious problems.

The workgroup “Philosophy of Science and Technology” led by Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical re-edition of the Academy Edition of the Jäsche Logic – notwithstanding its disputed significance within Kant's writings. This project is part of the large-scale project *The Collected Works of Immanuel Kant – New Editions, Revisions and Completion of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities*.

Volker Peckhaus and many more researchers from Germany and abroad are responsible for its realisation.

Following today's standards, the editors will finish the Academy Edition, publishing new or revised editions of the divisions “Published Works” and “Correspondence”, editing important texts missing from the collection so far as well as by fixing existing serious deficiencies in the volumes that already have been published. In opposition to the existing Academy Edition, the re-edition will be faithful to the original text, user-friendly and transparent, and will take into account the current state of research. Furthermore, the edition will be published in print and online. This will keep the Academy Edition the standard reference edition in scholarly research on Kant.

The project is part of the Academies Programme, which is currently the most comprehensive humanities research programme in Germany. It is coordinated by the Union of the German Academies of Sciences and Humanities and serves the purpose to retrieve and explore our cultural heritage.



Immanuel Kants Logik – ein Handbuch zu Vorlesungen  
Immanuel Kant's logic – a handbook to lectures



Monja Reinhart, M.A.  
E-mail: Monja.Reinhart@upb.de

---



»» Ich bin weder eine Feministin  
noch kann ich über feministische Philosophie sprechen.  
Es ist die konkrete Diskriminierung von Frauen  
in der Wissenschaftsgeschichte, die mich immer gestört hat. ««

»» I'm not a feminist, nor am I able to talk about feminist philosophy.  
It is the concrete discrimination of women in the history of science  
that has always bothered me. ««

---

## Andrea Reichenberger

Dr. phil.  
Wissenschaftstheorie und Philosophie  
der Technik

---

Für mich ist Wissenschaftsgeschichte Teil unserer Kultur und unserer *conditio humana*. Als Wissenschaftshistorikerin und Philosophin befasse ich mich mit Bestandsmaterial in Archiven und Bibliotheken, mit Nachlässen und Korrespondenzen, mit unveröffentlichten Manuskripten und Handschriften. Ich finde es faszinierend, beispielsweise die Entwicklung von Notationssystemen in der Logik oder von Formelschreibweisen und Gleichungssystemen in der Mathematik zu untersuchen. Ich bin davon überzeugt, dass eine fundierte wissenschaftshistorische Rekonstruktion etwa der Entwicklung der Quantenmechanik hilfreich und nützlich ist, diese Theorie besser zu verstehen. Vor allem aber liegt mir die Integration von Frauen in die Geschichte der MINT-Fächer am Herzen. Eine Wissenschaftsgeschichte, die eine klassische Heldengeschichte von (männlichen) Ausnahmendenkern und Forschern praktiziert, trägt dazu nichts bei.

Wie aber lässt sich eine gendersensible Wissenschaftsgeschichte in die Praxis umsetzen? Ganz einfach: anhand von konkreten Projekten und Fallstudien. Ein Beispiel ist das vom BMBF geförderte Verbundprojekt „Gendering Mint Digital“ zwischen der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, der Humboldt-Universität zu Berlin und der Hochschule Offenburg. Ziel ist es, die Erkenntnisse der natur- und technikwissenschaftlich orientierten Genderforschung in MINT anwendungsorientiert zur Darstellung zu bringen und diese mit didaktischen Konzepten sowie partizipativen und kollaborativen elektronischen Werkzeugen (E-Tools) für Open-Science-Module aufzubereiten. Die Lerneinheit „Gender und Mathematik“ des Teilprojekts „Open Educational Resources“ wurde von mir erstellt.

Was an Inhalten in dem Projekt präsentiert wird, ist das Ergebnis jahrzehntelanger Forschung – digital aufbereitet –, nicht meiner eigenen Forschung, sondern derjenigen eines Lehr- und Forschungsbereiches, der national wie international auf eine mehr als 40-jährige Geschichte zurückblickt. Ich selbst arbeite derzeit an meiner Habilitation zu dem Projekt „Grundlagendebatten in der mathematischen Logik – Relativitätstheorie – Quantenmechanik. Fallstudien zur Integration von Philosophinnen“ an der Fakultät für Kulturwissenschaften, wofür ich 2019 ein Postdoc-Stipendium der Universität Paderborn erhalten habe. Ziel des Projektes ist es, den herausragenden Anteil von Forscherinnen an philosophischen Grundlagendebatten in der Mathematik und Physik des frühen 20. Jahrhunderts qualitativ und problemorientiert zu untersuchen.

---

## Andrea Reichenberger

Dr. phil.  
Philosophy of Science and Technology

---

The history of science is part of our culture and our human condition. As a historian of science and as a philosopher, I deal with material held in archives and libraries, including estates, correspondences and unpublished manuscripts. I find it fascinating to study, for example, the development of notation systems in logic or of formula notation and equation systems in mathematics. I am convinced that a well-founded historical reconstruction of the development of quantum mechanics, just to give an example, is helpful and useful for a better understanding of this theory. Above all, however, the integration of women into the history of the MINT subjects is close to my heart. A history of science that practises a classic heroic story of (male) thinkers and researchers does not contribute to this objective.

But how can a gender-sensitive history of science be put into practice? Quite simply: by means of concrete projects and case studies. One example is the collaborative project “Gendering Mint Digital” financed by the Federal Ministry for Education and Research, involving the Albert-Ludwig-University of Freiburg, the Humboldt-University of Berlin and the University of Applied Sciences Offenburg.

The aim of the collaborative project is to make available in a useful visual form the natural and technical scientific insights produced by the research conducted by gender-oriented MINT and to use this knowledge to prepare Open Science Modules with the help of didactic concepts and participative and collaborative electronic tools (e-tools). I have developed the learning unit “Gender and Mathematics” of the subproject “Open Educational Resources”.

The content presented in the project is the result of decades of research – digitally processed – which is not of my own research, but rather a research field that looks back on a history of more than 40 years, both nationally and internationally. I am currently working on my habilitation on another project titled “Foundational Debates in Mathematical Logic – Theory of Relativity – Quantum Mechanics. Case Studies on the Integration of Women Philosophers” at the Faculty of Arts and Humanities (Philosophy), for which I received a postdoctoral fellowship from the Paderborn University in 2019. The aim of the project is to investigate the outstanding contribution of women researchers to fundamental philosophical debates in mathematics and physics in the early 20th century in a qualitative and problem-oriented way.

---

## Weitere Aktivitäten

---

**Publikationen**

**Promotionen**

**Messen, Tagungen, Seminare**

**Patente, Preise, Auszeichnungen**

**Weitere Funktionen**

**Spin-Offs**

**Aktuelle Forschungsprojekte**

**Aktuelle Industriekooperationen**

**Wissenschaftliche Kooperationen**



---

## Additional activities

---

**Publications**

**PhD Theses**

**Fairs, conferences, seminars**

**Patents, prizes, awards**

**Additional functions**

**Spin-offs**

**Current research projects**

**Current industry cooperations**

**Scientific cooperations**



## Softwaretechnik

Prof. Dr. Eric Bodden

## Software Engineering

Prof. Dr. Eric Bodden

### Publikationen Publications

Benz, Manuel; Krogh Kristensen, Erik; Luo, Linghui; P. Borges Jr., Nataniel; Bodden, Eric; Zeller, Andreas: Heaps'n Leaks: How Heap Snapshots Improve Android Taint Analysis. In: International Conference for Software Engineering (ICSE), Mai 2020

Fischer, Andreas; Janneck, Jonas; Kussmaul, Jörn; Krätzschar, Nikolas; Kerschbaum, Florian; Bodden, Eric: PASAPTO: Policy-aware Security and Performance Trade-off Analysis - Computation on Encrypted Data with Restricted Leakage. In: 2020 IEEE Computer Security Foundations Symposium (CSF), Mai 2020

Fischer, Andreas; Fuhry, Benny; Kerschbaum, Florian; Bodden, Eric: Computation on Encrypted Data using Dataflow Authentication. In: Privacy Enhancing Technologies Symposium (PETS/PoPETS), Jul. 2020

Geismann, Johannes; Bodden, Eric: A systematic literature review of model-driven security engineering for cyber-physical systems. *Journal of Systems and Software*, 169, Nov. 2020

Gerking, Christopher: Model-Driven Information Flow Security Engineering for Cyber-Physical Systems. Paderborn University, Jun. 2020

Gräßler, Iris; Bodden, Eric; Pottebaum, Jens; Geismann, Johannes; Roesmann, Daniel: Security-Oriented Fault-Tolerance in Systems Engineering: A Conceptual Threat Modelling Approach for Cyber-Physical Production Systems. In: *Advanced, Contemporary Control, Advances in Intelligent Systems and Computing*, Band 1196, S. 1458–1469, 1. Jan. 2020, Springer International Publishing

Holtmann, Jörg; Steghöfer, Jan-Philipp; Rath, Michael; Schmelter, David: Cutting through the Jungle: Disambiguating Model-based Traceability Terminology. In: *Proceedings of the 28th IEEE International Requirements Engineering Conference*, 31. Aug. – 4. Sep. 2020, IEEE

Koch, Thorsten; Dziwok, Stefan; Holtmann, Jörg; Bodden, Eric: Scenario-based Specification of Security Protocols and Transformation to Security Model Checkers. In: *ACM/IEEE 23rd International Conference on Model Driven*

*Engineering Languages and Systems (MODELS '20)*, 18. – 23. Okt. 2020, ACM

Krüger, Stefan: *CogniCrypt - The Secure Integration of Cryptographic Software*. Dissertation, Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Softwaretechnik, Okt. 2020

Krüger, Stefan; Ali, Karim; Bodden, Eric: *CogniCrypt\_GEN - Generating Code for the Secure Usage of Crypto APIs*. In: *International Symposium on Code Generation and Optimization (CGO)*, S. 185–198, Feb. 2020

Nguyen, Lisa; Bodden, Eric: Explaining Static Analysis with Rule Graphs. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Jan. 2020

### Promotionen PhD Theses

Stefan Krüger  
**CogniCrypt – The Secure Integration of Cryptographic Software**  
Frühere Studien haben empirisch offenbart, dass Fehlbenutzungen von kryptographischen Bibliotheken weitverbreitet in Softwareanwendungen sind. Dies geschieht vor allem, weil Software-Entwickler\_innen aufgrund schlechten API-Designs und fehlenden Kryptographiewissens Probleme bekommen, wenn sie versuchen kryptographische Features zu implementieren. Die Literatur liefert mehrere Ansätze und Vorschläge diese Probleme zu lösen, aber alle scheitern schlussendlich auf die eine oder andere Weise daran. In dieser Arbeit adressieren wir das Problem kryptographischer Fehlbenutzungen systematisch durch CogniCrypt. CogniCrypt integriert verschiedene Arten von Tool-Unterstützung in einen gemeinsamen Ansatz, der Entwickler\_innen davon befreit, wissen zu müssen, wie die Bibliotheken benutzt werden müssen. Zentral für unseren Ansatz ist CrySL, eine Beschreibungssprache, die die kognitive Lücke zwischen Kryptographie-Expert\_innen und Software-Entwickler\_innen überbrückt. CrySL ermöglicht es Kryptographie-Expert\_innen zu spezifizieren, wie die Bibliotheken, die sie bereitstellen, richtig benutzt werden. Auf CrySL aufbauend haben wir mehrere Formen Tool-Unterstützung entwickelt – eine statische Analyse und einen Code-Generator. Diese helfen Entwickler\_innen in ihrer Arbeit mit den Krypto-Bibliotheken. Durch eine Nutzer\_innenstudie konnten wir zeigen, dass Entwickler\_in-

nen mit CogniCrypt sowohl sichereren Code schreiben als auch es bevorzugen gegenüber anderen Programmierumgebungen ohne die Unterstützung, die es bereitstellt.

### Christopher Gerking Model-Driven Information Flow Security Engineering for Cyber-Physical Systems

Formale Methoden zur Analyse der Informationssicherheit von Softwaresystemen werden durch die Theorie der Information Flow Security zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe solcher Methoden lassen sich unautorisierte Informationsflüsse bereits in der Entwurfsphase auffinden. Aufgrund spezifischer Eigenschaften von cyber-physischen Systemen sind diese theoretischen Grundlagen auf die Entwicklung in der Praxis jedoch nicht direkt anwendbar. Um den Umfang der Anwendbarkeit zu erhöhen, werden in dieser Arbeit formale Methoden der Information Flow Security in einen modellgetriebenen Entwicklungsansatz für cyber-physische Systeme integriert. Zunächst wird eine Spezifikationstechnik für das disziplinübergreifende Systems Engineering um Sicherheitsrichtlinien erweitert, durch die sich Sicherheitsanforderungen bereits in einer frühen Entwicklungsphase dokumentieren und validieren lassen. Weiterhin wird ein Regelwerk für die Verfeinerung der Sicherheitsrichtlinien im Kontext komponentenbasierter Softwarearchitekturen vorgestellt, deren Komponenten durch asynchronen Nachrichtenaustausch miteinander kommunizieren. Die aufgestellten Regeln befähigen Softwarearchitekten dazu, aus den verfeinerten Sicherheitsrichtlinien einzelner Systemkomponenten Schlüsse über die Sicherheit des Gesamtsystems zu ziehen. Auf dieser Grundlage wird eine Verifikationstechnik vorgestellt, mit deren Hilfe sich die Einhaltung von Sicherheitsrichtlinien durch das Echtzeitkommunikationsverhalten einzelner Komponenten automatisch prüfen lässt. Durch diese zeitsensitive Analyse lassen sich selbst subtile Flüsse auffinden, bei denen Informationen aus den Zeitpunkten der ausgetauschten Nachrichten abgeleitet werden könnten.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

it-sa  
08. – 10.10.2019, Nürnberg, Germany

#### PLDI 2020

15.06. – 19.06.2020, virtuell

#### ICSE 2020

06.07. – 11.07.2020, virtuell

#### Heise devSec

21.09. – 22.09.2020, virtuell

#### Crossing Retreat

19.10. – 21.10.2020, virtuell

#### Patente, Preise, Auszeichnungen

##### Patents, prizes, awards

- ASE 2020 Distinguished PC Member Award

#### Weitere Funktionen

##### Additional functions

##### Advisory Boards:

- Scientific Advisor of Sourcebrella Inc., since October 2018

##### Editorships:

- Editorial Board Member of Springer Empirical Software Engineering (EMSE), since 2019
- Associate Editor of the IEEE Transactions on Software Engineering (TSE), since 2016
- Steering committee memberships:
- ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE)
- International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA)
- International Symposium on Engineering Secure Software and Systems (ES-SOS)
- International Workshop on Dynamic Analysis (WODA)
- International Workshop on the State Of the Art in Java Program Analysis (SOAP), also co-founder of the Workshop

##### Speaker:

- Deputy speaker of IT-Security Graduate School NERD.NRW (since 2018)

##### Co-Organizer:

- Doctoral Symposium at ECOOP/ISSTA 2020 (co-organizer)

##### Program Committee memberships:

- 2021 IEEE Symposium on Security and Privacy ("Oakland")
- European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP) 2021
- International Conference on Software Engi-

neering (ICSE) 2021: area chair for security, privacy and trust

- International Conference on Automated Software Engineering (ASE), 2020
- International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA) 2020
- International Conference on Software Testing, Validation, and Verification (ICST) 2020

##### Advisory Board Memberships:

- Expert Reviewer, Software Security Knowledge Area, Cyber Security Body of Knowledge project (<http://www.cybok.org/>).
- Compositional Risk Assessment and Security Testing of Networked Systems (RASEN), EU FP7

##### Sponsorship chair:

- European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP) 2020

##### Reviews of Grant Proposals for Funding Agencies:

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
  - Horizon 2020 / European Research Council
  - Luxembourg National Research Fund (FNR)
  - Research Grant Council (RGC) of Hong Kong
  - Royal Society Te Aparangi in New Zealand
- Reviewer for variety of journals (ACM, IEEE, Springer et. al.)

#### Spin-Offs

##### Spin-offss

- CodeShield GmbH

#### 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 Mezinis Software Technology Group erforschen wir Mittel, um Entwicklern bei der sicheren Integration von kryptographischen Bibliotheken zu unterstützen.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 01.07.2018 – 30.06.2022

##### DFG-Projekt TESTIFY - Finding and Demonstrating Undesired Program Behavior

In diesem gemeinsamen Projekt mit Andreas

Zeller von der Universität des Saarlandes wird versucht, Techniken der statischen Analyse, der Testfallgenerierung und der dynamischen Analyse zu kombinieren. 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 – 2020

##### SFB 901 „On-The-Fly-Computing“ (3. Förderphase)

Die Zielsetzung des SFB 901 On-The-Fly Computing (OTF Computing) liegt in der Entwicklung von Techniken und Verfahren zur automatischen on-the-fly Konfiguration und Ausführung von individuellen IT-Dienstleistungen aus Services, die auf weltweit verfügbaren Märkten gehandelt werden. Die Fachgruppe ist an folgenden Teilprojekten maßgeblich beteiligt: Teilprojekt B1: Parametrisierte Servicespezifikation.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 01.06.2019 – 30.6.2023

##### MIWF Graduiertenkolleg "Human Centered Systems Security – North Rhine-Westphalian Experts on Research in Digitalization (NERD)"

Wie bei allen Tandemprojekten vom Graduiertenkolleg NERD steht der „Faktor Mensch“ auch bei „IntelliScan“ im Mittelpunkt. Hier werden als Akteure insbesondere Softwareentwickler betrachtet. Dabei sollen zunächst Studien durchgeführt werden, um zu ermitteln, warum Entwickler bei der Implementierung von Softwaresystemen sicherheitsrelevante Programmierfehler begehen. In Folge dessen sollen automatisierte Werkzeuge zur statischen Codeanalyse entwickelt werden, die Entwickler in den Softwareentwicklungsprozessen unterstützen, um Schwachstellen besser und frühe zu erkennen.

Förderinstitution: Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF)

Laufzeit: 15.09.2017 – 30.08.2021

### DFG-Projekt Zukunftssicherung des Soot Rahmenwerks für Programmanalyse und – transformation (FutureSoot)

Soot ist das wohl weltweit beliebteste Rahmenwerk zur Analyse und Transformation von Java- und Android-Programmen. Über seine mehr als fünfzehnjährige Lebensdauer hinweg sind unzählige wissenschaftliche Werkzeuge entstanden, die direkt auf Soot aufbauen. Das Soot Rahmenwerk bietet diesen Werkzeugen hiermit eine gemeinsame Implementierungsplattform, was die Vergleichbarkeit der einzelnen Ansätze stark erhöht, und die Implementierung der einzelnen Werkzeuge stark beschleunigt. Das geplante Vorhaben hat es zum Ziel, das Soot Rahmenwerk in die richtige Bahn zu lenken, um auch über die Projektförderung hinaus seine Wartung für lange Zeit zu garantieren. Aus diesem Grunde umfasst das Projekt die Entwicklung eines Nachhaltigkeitskonzepts, den Aufbau und weiteren Ausbau einer verlässlichen Build-and-Test-Infrastruktur, sowie weitere Arbeiten zur stärkeren Modularisierung der Kernkomponenten. Die geplanten Arbeiten sollen bewirken, dass Soot in Zukunft einfacher zu warten sein wird, nach einem erprobten und wohldokumentierten Plan gewartet wird, und soll außerdem mittels Workshops die hauptsächlichen Interessensvertreter der Soot-Community zusammenbringen und unter diesen die weitere Wartung und Weiterentwicklung koordinieren.

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2018 – 2021*

### EFRE-Projekt CodeShield – Sicherheitslücken entlang der Software-Supply-Chain aufdecken

CodeShield ist das erste Security-Werkzeug, das automatisiert neue und unbekannte Sicherheitslücken aufdecken kann – sowohl im projekteigenen Code als auch in Fremdcode (Bibliotheken). Es integriert sich dafür nahtlos in die gewohnte Entwicklungsumgebung von Softwareentwicklern. Das Projekt wird durch die Start-up Transfer NRW Förderung unterstützt mit dem Ziel einer zukunftsfähigen Ausgründung.

*Förderinstitut: EU/EFRE.NRW*

*Laufzeit: 01.11.2019 – 31.12.2020*

### BMW-Projekt KI-Marktplatz

Im KI-Marktplatz entsteht ein Innovationsökosystem rund um eine digitale Plattform, die KI-Experten, Lösungsanbieter und produzierende Unternehmen zusammenbringt. Diese digitale Plattform wird sukzessive um Funktionalitäten

erweitert, mit denen wir eine gemeinsame Entwicklung von KI-Lösungen für die Produktentstehung sowie deren Bereitstellung ermöglichen.

*Förderinstitut: BMW*

*Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2022*

### Aktuelle Industriekooperationen

#### Current industry cooperations

- dSpace, Paderborn
- Mindsquare
- Reply
- SAP
- IBM
- Google
- CodeShield GmbH
- Amazon Web Service

### Wissenschaftliche Kooperationen

#### Scientific cooperations

- Mälardalen Universität, Schweden
- Universität aus Banja Luka, Bosnien und Herzegowina
- Universität aus Belgrad, Serbien
- Staatsuniversität „Montenegro“ aus Podgorica, Montenegro
- Universität aus Sarajevo, Bosnien und Herzegowina
- Universität „St. Kyrill und Method“, Mazedonien
- Universität aus Tirana, Albanien
- Universität Zagreb, Kroatien
- Delft University of Technology, Niederlande
- The Open University, England
- ABB Corporate Research, USA
- Vrije Universiteit, Niederlande
- University of Alberta, Kanada
- Concordia University, USA
- Iowa State University, USA
- Polytechnique Montreal, Kanada
- University of Lugano, Schweiz
- Microsoft, USA
- University of Chile, Chile
- NC State University, USA
- IMDEA, Spanien
- McGill University, Kanada
- Carnegie Mellon University, USA
- SnT Universität Luxembourg, Luxemburg
- Penn State University, USA
- Northeastern University, USA
- Microsoft Research, USA
- Google Inc., USA

- Oracle Labs., Australien
- Oracle Inc., USA
- Google Inc., Schweiz
- University of Oslo, Norwegen
- University of Bergen, Norwegen
- University of Campinas, Brasilien
- Purdue University, USA

## Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

## Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

### Publikationen

#### Publications

- Anacker, Harald; Dumitrescu, Roman; Kharatyan, Aschot; Lipsmeier, Andre: Pattern based systems engineering – application of solution patterns in the design of intelligent technical systems. In: Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference, S. 1195 – 1204, Cambridge University Press, 2020
- Becker, Julia-Kristin; Joachim, Klemens; Koldewey, Christian; Reinhold, Jannik; Dumitrescu, Roman: Scaling Digital Business Models: A Case from the Automotive Industry. In: Proceedings of the 2020 ISPI Innovation Conference (Virtual) Event "Innovating in Times of Crisis", Jun. 2020 International Society for Professional Innovation Management (ISPI), ISPI Innovation Conference
- Bernijazov, Ruslan; Özcan, Leon; Dumitrescu, Roman: AI Marketplace – The Ecosystem for Artificial Intelligence in Product Creation. ERCIM News, (122) 2020
- Bretz, Lukas; Koenemann, Ulf; Anacker, Harald; Dumitrescu, Roman: A contribution to the design of organizational structures suitable for Systems Engineering. In: CIRP Design 2020, S. 101 – 106, Procedia CIRP Vol. 91,0, 2020
- Dumitrescu, Roman; Drewel, Marvin; Falkowski, Tommy: KI-Marktplatz: Das Ökosystem für Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung. ZWF, Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikplanung, Ausgabe 1 – 2: S. 86 – 90, Feb. 2020
- Dumitrescu, Roman; Tschirner, Christian; Bansmann, Michael: Systems Engineering als Grundlage der Gestaltung digitaler Arbeitswelten in der Produktentstehung. In: Maier, Günter W.; Engels, Gregor; Steffen, Eckhard (Hrsg.) Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten, S. 405 – 432, 2020, Springer-Verlag GmbH Deutschland
- Dyck, Florian; Stöcklein, Jörg; Eckertz, Daniel; Dumitrescu, Roman: Mixed Mock-up – Development of an Interactive Augmented Reality System for Assembly Planning. In: Virtual, Augmented and Mixed Reality. Design and Interaction. HCII 2020, Part I, Copenhagen, Denmark, July 19 – 24, 2020
- Frank, Maximilian; Gausemeier, Jürgen; Hennig-Cardinal von Widdern, Nils; Koldewey, Christian; Menzefricke, Joern Steffen; Reinhold, Jannik: A reference process for the Smart Service business: development and practical implications. In: Proceedings of the ISPI connects, Mrz. 2020, International Society for Professional Innovation Management (ISPI)
- Grote, Eva-Maria; Pfeifer, Stefan; Roeltgen, Daniel; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Towards defining role models in Advanced Systems Engineering. In: Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), October 12 – 14 2020, Wien, Austria, 2020
- Henkenjohann, Mark; Joppen, Robert; Köchling, Daniel; von Enzberg, Sebastian; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Identification and specification of standard modules in production for a material flow simulation. In: CIRP ICME '20 – 14th CIRP Conference on intelligent computation in manufacturing engineering, 15 – 17 July 2020, Gulf of Naples, Italy, 2020
- Hillebrand, Michael; Lakhani, Mohsin; Dumitrescu, Roman: A design methodology for deep reinforcement learning for autonomous Systems. In: 5th Conference on Systems Integrated Intelligence (SysInt) 2020, 11. – 13. Nov., Bremen, 2020
- Hillebrand, Michael; Greinert, Matthias; Herzog, Otthein; Dumitrescu, Roman: Advanced Monkey Testing for connected autonomous systems. In: Proceeding of the 2020 IEEE 15th Conference of System of Systems Engineering (SoSE), S. 163 – 168, Budapest, Hungary, 2020
- Hobscheidt, Daniela; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Development of risk-optimized implementation paths for Industry 4.0 based on socio-technical pattern. In: Procedia of the 30th CIRP Design Conference, May 6 – 8 2020, Kruger National Park, Elsevier, South Africa, Jan. 2020
- Japs, Sergej; Kharatyan, Aschot; Tekaas, Julian; Kaiser, Lydia; Dumitrescu, Roman: Method for 3D-Environment Driven Domain Knowledge Elicitation and System Model Generation. In: Proceedings of the 16th International Design Conference (DESIGN 2020), Cavat, Dubrovnik, Croatia, May, 18 – 21, 2020
- Jürgenhake, Christoph; Anacker, Harald; Dumitrescu, Roman: The digital Stadium – From future scenarios to technology and business model development. In: ETEMS 2020 – 2020 IEEE European Technology & Engineering Management Summit, March 5 – 7 2020, Dortmund, Germany, 2020
- Ködding, Patrick; Dumitrescu, Roman: Forschungsfelder für künstliche Intelligenz in der strategischen Produktplanung. In: Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.) Digitalisierung souverän gestalten Springer Vieweg, 2020
- Ködding, Patrick; Reinhold, Jannik; Scholtysik, Michel; Dumitrescu, Roman: Consulting via Research in IMPRESS. In: Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, Band Vol. 18, No. 2, 2020, International Institute of Informatics and Systemics
- Koldewey, Christian; Frank, Maximilian; Gausemeier, Jürgen; Bäsecke, Alexander; Chohan, Nadia; Reinhold, Jannik: Systematische Entwicklung von Normstrategien für Smart Services. ZWF, Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikplanung, 115(7 – 8): S. 524 – 528, Aug. 2020
- Koldewey, Christian; Gausemeier, Jürgen; Chohan, Nadia; Frank, Maximilian; Reinhold, Jannik; Dumitrescu, Roman: Aligning Strategy and Structure for Smart Service Businesses in Manufacturing. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions "Disruptive Technologies and Social Impacts", 25. – 27. Nov. 2020, IEEE
- Koldewey, Christian; Meyer, Maurice; Stockbrugger, Patrick; Dumitrescu, Roman; Gausemeier, Jürgen: Framework and Functionality Patterns for Smart Service Innovation. Procedia CIRP, (91): S. 851 – 857, Mai 2020
- Koldewey, Christian; Reinhold, Jannik; Dumitrescu, Roman: Planning a Smart Service Business Integrating External Partners. In: Barlatier, Pierre-Jean; Mention, Anne-Laure (Hrsg.) Managing Digital Open Innovation, Open Innovation: Bridging Theory and Practice, S. 255 – 298. World Scientific Publishing Company, 2020
- Lipsmeier, Andre; Kühn, Arno; Joppen, Robert; Dumitrescu, Roman: Process for the development of a digital strategy. In: Procedia CIRP, S. 173 – 178, Volume 88, Elsevier B.V., 2020

Massmann, Melina; Meyer, Maurice; Frank, Maximilian; von Enzberg, Sebastian; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Framework for Data Analytics in Data-Driven Product Planning. In: *Procedia Manufacturing*, Nov. 2020

Massmann, Melina; Meyer, Maurice; Frank, Maximilian; von Enzberg, Sebastian; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Method for data inventory and classification. In: *Procedia CIRP*, Nr. 93, S. 234 – 239, Jul. 2020

Menzefricke, Joern Steffen; Frank, Maximilian; Drewel, Marvin; Dumitrescu, Roman: Value-centered design of a digital service robotics platform. In: *Procedia CIRP*, Band 91, S. 690 – 695, Aug. 2020 CIRP (Centre for International Research in Production), Elsevier B.V.

Meyer, Maurice; Frank, Maximilian; Massmann, Melina; Wendt, Niklas; Dumitrescu, Roman: Data-Driven Product Generation and Retrofit Planning. In: *Procedia CIRP*, Nr. 93, S. 965 – 970, Jul. 2020

Meyer, Maurice; Frank, Maximilian; Massmann, Melina; Dumitrescu, Roman: Research and Consulting in Data-Driven Strategic Product Planning. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 18(2): S. 55 – 61, Jun. 2020

Meyer, Maurice; Frank, Maximilian; Massmann, Melina; Dumitrescu, Roman: Research and Consulting in Data-Driven Strategic Product Planning. In: *Proceedings of The 11th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC 2020)*, 2020

Pierenkemper, Christoph; Gausemeier, Jürgen: Developing Strategies for Digital Transformation in SMEs with Maturity Models. In: *Proceeding of the ISPIIM Connects*, 1. – 4. Mrz. 2020, International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM)

Reinhart, Felix; von Enzberg, Sebastian; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Machine Learning for Process-X: A Taxonomy. In: Beyerer, Jürgen, Maier, Alexander, Niggemann, Oliver (eds) *Machine Learning for Cyber Physical Systems. Technologien für die intelligente Automation (Technologies for Intelligent Automation)*, Band 11, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2020

Reinhold, Jannik; Frank, Maximilian; Koldewey, Christian; Dumitrescu, Roman; Buss, Eugen: In-

depth Analysis of the Effects of Smart Services in Value Creation. In: *Proceedings of the ISPIIM connects*, 1 – 4 March, Bangkok, 1. – 4. Mrz. 2020, International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM)

Roeltgen, Daniel; Dumitrescu, Roman: Classification of Industrial Augmented Reality Use Cases. In: *Procedia of the 30th CIRP Design Conference*, May 6 – 8 2020, Kruger National Park, Elsevier, Amsterdam, 2020

Schnasse, Felix; Menzefricke, Joern Steffen; Gabriel, Stefan; Hobscheidt, Daniela; Parlings, Matthias; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman (Hrsg.) Identification of socio-technical changes caused by Industry 4.0. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Band 29, 23. – 25. Sep. 2020, epubli

Uhlmann, Eckart; Dumitrescu, Roman; Polte, Julian; Meyer, Maurice; Simsek, Deniz: Datengetriebene Steigerung der Verfügbarkeit. *wt Werkstattstechnik online*, 110(07 – 08): S. 532 – 535, Aug. 2020

Wortmann, Fabio; Ellermann, Kai Fabian; Kühn, Arno; Dumitrescu, Roman: Ideation for digital platforms based on a companies' ecosystem. In: *Procedia of the 30th CIRP Design Conference*, May 6 – 8 2020, Kruger National Park, Elsevier, Amsterdam, 2020

## Promotionen PhD Theses

Christian Bremer

### Systematik zur Modellierung flexibler Produktionsanlagen im Model-Based Systems Engineering

Die Digitalisierung treibt den Wandel von modernen Produkten und Dienstleistungen. Der Übertrag der Digitalisierung auf die industrielle Produktion verspricht nichts geringeres als die vierte Industrielle Revolution. Zukünftig werden Produktionsanlagen hochgradig flexibel sein und Maschinen mit hohem Vernetzungsgrad und intelligenter Funktionen beinhalten. Dies steigert jedoch die Komplexität einer Produktionsanlage und insbesondere die Abhängigkeiten – innerhalb der Anlage und zu dessen Umfeld. Die Planung und Entwicklung solcher flexiblen Anlagen bergen daher neue Herausforderungen. Das Paradigma des Model-Based Systems Engineering (MBSE) adressiert diese

Problematik. Im MBSE werden Produkte als Systeme disziplinübergreifend entwickelt. Dabei werden durchgängige Modelle genutzt um die Entwicklungstätigkeiten zu unterstützen, den Entwicklungsstand zu beschreiben und die Entwicklungsartefakte auch rechnergestützt auszuwerten. Ziel der Arbeit ist eine Systematik zur Modellierung flexibler Produktionsanlagen im Model-Based Systems Engineering. Hierzu wird ein Modellierungskonzept vorgestellt, das die notwendigen Aspekte definiert und entsprechende Modellierungsvorschriften liefert. Ein Vorgehensmodell zur konkreten Erstellung des Modells sowie eine SysML-basierte Werkzeugunterstützung ergänzen den Ansatz. Die Validierung erfolgt anhand des Beispiels einer industriellen Großwäscherei.

Nicholas Schmitt

### Durchgängiges Vorgehensmodell zur Anforderungserfassung für die Entwicklung mechatronischer Systeme im Automobil

Die Anforderungserfassung an mechatronische Systeme in der Automobilindustrie ist in frühen Phasen der Entwicklung eine Herausforderung. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen, wie einer verkürzten Entwicklungszeit, einer kosteneffizienten Entwicklung und neusten Technologien, wird dies verschärft. Zur Erfassung sämtlicher relevanter Anforderungen an diese interdisziplinären und komplexen Systeme bedarf es daher eines durchgängigen Vorgehensmodells zur Anforderungserfassung. Um alle relevanten Aspekte für ein solches Vorgehensmodell zu erfassen, wird das Entwicklungsvorgehen in der Automobilindustrie beleuchtet und die spezifischen Herausforderungen abgeleitet. Auf dieser Grundlage werden die benötigten Teilergebnisse zur Anforderungserfassung identifiziert und in einem durchgängigen Gesamtverfahren verankert. Basierend auf einer Methode zur Identifizierung der relevanten System-Merkmale werden die Funktionen, die Eigenschaften, die Systemstruktur und die Schnittstellen des Systems erfasst. Aus diesen Teilergebnissen lassen sich sämtliche Anforderungen für ein Lastenheft ableiten und dokumentieren. Das Vorgehensmodell beinhaltet zudem Methoden zur Verifikation der Teilergebnisse. Darüber hinaus wurde ein Vorgehen zur Dokumentation von Lessons Learned definiert, um Erkenntnisse aus späteren Phasen der Entwicklung in die Anforderungserfassung zukünftiger Systeme zu integrieren. Das erarbeitete Vorgehensmodell wurde in einer Vielzahl von Projekten eingesetzt. In der vorliegenden

Arbeit erfolgt die Validierung anhand der Beispiele Brennstoffzelle, Thermoelektrischer Generator und Digitales-Matrix-Licht.

### Weitere Funktionen

- Direktor am Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik
- Geschäftsführer des Spitzencluster „Intelligente Technische Systeme OstWestfalen-Lippe“ – it's OWL
- Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Chairman des Advisory Boards der Two Pillars GmbH
- Mitglied Lenkungsreis „Digital in NRW – Kompetenz für den Mittelstand“ (Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum des Bundeswirtschaftsministeriums)
- Mitglied des Verwaltungsrates des RKW Kompetenzzentrums (RKW Rationalisierung- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e. V.) des Bundeswirtschaftsministeriums
- Vorsitz des VDE/VDI-Fachausschusses Mechatronisch Integrierte Baugruppen (MID) der Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM)
- Mitglied des Lenkungsreis der Initiative Wirtschaft & Arbeit 4.0 der NRW-Landesregierung
- Mitglied des Forschungsbeirates der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.
- Stellv. Vorsitzender des Forschungsbeirates der Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V.
- Mitglied des Executive-Development-Programmes „Fraunhofer Vintage Class“ der Fraunhofer-Gesellschaft
- Fachbeirat der Westfalen Weser Energie WWE GmbH & Co. KG
- Mitglied im Expertenkreis des Innovationsdialogs zwischen Bundesregierung, Wirtschaft und Wissenschaft
- Mitglied in der AG Geschäftsmodellinnovationen der Plattform Lernende Systeme
- Mitglied des Fachbeirates der Veranstaltungsreihe "Losgröße 1"

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### IMPRESS – Instrumentarium zur musterbasier-ten Planung hybrider Wertschöpfungssysteme zur Erbringung von Smart Services

Ziel des Projekts ist ein Instrumentarium für die Transformation vom Produkthersteller zum Smart Service Anbieter, das Unternehmen dazu befähigt, die Transformation eigenständig und zielgerichtet zu gestalten. Dafür werden Methoden und Werkzeuge entwickelt, die auf Lösungsmustern beruhen. Diese zeigen dem Anwender bewährte Teillösungen zur Gestaltung der Wertschöpfung und Arbeit auf.  
*Laufzeit: 21.01.2019 – 31.01.2022 (3 Jahre)*  
*Förderer: BMBF*

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

Ziel des Projektes DizRuPt ist ein Instrumentarium, das die erforderlichen Methoden und Werkzeuge zur datengestützten Retrofit- und Generationenplanung bereitstellt. Im Projekt werden zunächst Produkthypothesen entworfen, also Annahmen über die Produktnutzung und das Verhalten. Anschließend werden Datenanalyseverfahren geplant und eingesetzt, um die Hypothesen zu überprüfen oder neue Hypothesen aufzustellen. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden genutzt, um bestehende Funktionen zu hinterfragen und zukünftig relevante Funktionen der Produkte zu ermitteln.  
*Laufzeit: 01.01.2019 – 31.12.2021 (3 Jahre)*  
*Förderer: BMBF*

#### SeRoNet – Eine Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von ServiceRoboter (SR)-Lösungen

Ziel des Projekts SeRoNet ist eine Plattform für Servicerobotik-Lösungen, die auch branchenfremden Unternehmen Zugang zu Domänenwissen und Wertschöpfungsnetzen der Servicerobotik verschafft.  
*Laufzeit: 01.03.2017 – 28.02.2021 (4 Jahre)*  
*Förderer: BMWi*

#### SORISMA – Soziotechnisches Risikomanagement bei der Einführung von Industrie 4.0

Bei der Einführung von Industrie 4.0 Lösungen werden die Unternehmen mit zahlreichen Risiken konfrontiert, welche den Menschen, die Technik sowie die Organisation gleichermaßen betreffen. In dem Forschungsprojekt SORISMA werden daher Methoden erarbeitet, die soziotechnische Zusammenhänge systematisch erschließen. Unternehmen werden befähigt,

die Risiken bei der Einführung von Industrie 4.0 frühzeitig zu erkennen und zu minimieren.

*Laufzeit: 01.07.2019 – 30.06.2022 (3 Jahre)*  
*Förderer: EFRE.NRW*

#### DigiBus – Digital Business

Ziel des Projekts ist es, die Potenziale digitaler Plattformen für Unternehmen zu erschließen. Dabei wird ermittelt, welche Marktleistungen für das Plattformgeschäft geeignet sind, wie bestehende Plattformen genutzt werden können und welche Veränderungen in den Unternehmen erfolgen müssen. Mit einem Plattformradar, Referenz-Plattformstrategien sowie einem Leitfaden sollen Unternehmen unterstützt werden, ihre individuelle Strategie zu erarbeiten. Im Rahmen der Applikationsgestaltung wird zudem betrachtet, wie Unternehmen den Aufbau von Smart Services strategisch planen können. Abschließend werden Rollenprofile und organisationale Strukturen entwickelt, die für digitale Geschäftsmodelle erforderlich sind.  
*Laufzeit: 01.12.2018 – 30.11.2020 (2 Jahre)*  
*Förderer: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen*

#### KI-Marktplatz – Die digitale Plattform für Innovationen von morgen

Ziel des Projektes KI-Marktplatz ist die Konzipierung einer digitalen Plattform, welche Anbieter von KI-Anwendungen und produzierende Unternehmen zusammenbringt. Der Fokus liegt auf KI-Anwendungen, die bei der Produktplanung sowie der Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzipierung unterstützen können.  
*Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2022 (3 Jahre)*  
*Förderer: BMWi*

#### DigiSouv

Graduiertennetzwerk: Digitale Souveränität in der Wirtschaft  
*Laufzeit: 1.3.2020 – 1.9.2023 (3,5 Jahre)*  
*Förderer: VDI iit / Heidenhain Stiftung*

#### NRW Forschungskolleg: Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten (Arbeit 4.0)

*Laufzeit: 1.1.2019 – 30.6.2022 (3,5 Jahre)*  
*Förderer: Land NRW*

#### ZuPro – Zukunftsrobuste Produktentwicklung

Das Ziel des Projekts ist ein Modell der zukunftsrobusten Produktentwicklung. Es soll die Abhängigkeiten zwischen strategischer Planung und Produktentwicklung über mehrere Produkt-

generationen hinweg ohne Brüche beschreiben. Dabei sollen auch denkbare Umfeldentwicklungen berücksichtigt werden. Projektstart: 01.10.2020  
*Laufzeit: 3 Jahre*  
*Förderer: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)*

#### **Aktuelle Industriekooperationen** **Current industry cooperations**

- Miele & Cie. KG (Gütersloh)
- Westfälische Fleischwarenfabrik Stockmeyer GmbH (Sassenberg)

## Behavioral Economic Engineering and Responsible Management

Prof. Dr. René Fahr

## Behavioral Economic Engineering and Responsible Management

Prof. Dr. René Fahr

### Publikationen

#### Publications

Protte, Marius; Fahr, René; Quevedo, Daniel E.: Behavioral Economics for Human-in-the-Loop Control Systems Design: Overconfidence and the hot hand fallacy. *IEEE Control Systems*, 40(6): S. 57 – 76, Nov. 2020

### Promotionen

#### PhD Theses

Kristina Reineke

#### **Objective Surface-Level Diversity in Organizations: Looking Back and Beyond**

The over-arching goal of this dissertation is to look back on objective surface-level diversity research, to integrate past findings and to lay the foundation for future research questions beyond performance issues. The main objective guiding the field of diversity research has been determining the effect of diversity on performance. In this regard, this dissertation confirms earlier claims that there is no blanket claim for the effect of surface diversity on performance. Research has to be more nuanced by considering the different moderating effects to understand which processes, mechanisms, as well as individual characteristics and attitudes influence the relationship between diversity and performance. For instance, the first paper finds that gender diversity per se does not make a business case. Only in combination with the necessary skills, competences, and job relevant experience can women add to a firm's performance. The results for gender diversity of the first essay are corroborated and expanded to further diversity dimensions in the second essay. It supports the hypothesis that the relationship between diversity and performance is highly complex. By integrating the well-researched diversity – performance relationship in one encompassing model, this dissertation stresses the importance to gain a more comprehensive understanding of the processes and effects within the “black box” of diversity. Furthermore, the findings of this dissertation contribute to reduce discrimination against superficially diverse employee subgroups. The fact that surface-level diversity is of negligible importance when it comes to performance, stresses the argument that it neither has a detrimental effect on team functioning. No surface diversity dimension analyzed in this dissertation is able to deteriorate objective per-

formance. Therefore, neither bio-demographic nor task-related diverse subgroups should be excluded from the entrance into the organization and its higher ranks. When it comes to practitioners, they should not concern themselves with factors of surface diversity when hiring or promoting superficially diverse employees. In addition, from a performance point of view there is no reason in artificially building superficially diverse teams nor in blocking the hiring and promoting of stereotyped subgroups for performance reasons. In sum, there indeed is a need to discuss and foster organizational diversity. Yet, the basic motivation should stem from a point of fairness and social justice among diverse employees rather than from unsubstantiated performance reasons. Looking beyond, this dissertation promotes a shift in the focus of diversity research. Whereas past research mainly narrowed diversity research down to its consequences on performance, future research should look past performance issues. Nowadays, diversity is a given factor in organizations. Thus, diversity should evolve from a main explanatory variable into a context variable for future research. By acknowledging diversity as a context factor, organizations might realize that a one-size-fits-all approach of human resource management will not be sufficient anymore. Diverse employees perceive and react differently to working environments. Therefore, it is important to understand the needs of the diverse subgroups to foster the (mental) health of employees. By analyzing the consequences of digitization on the mental well-being of age diverse employees, the third essay is but one example for the examination of diversity as a context variable. The exploration of further diversity dimensions therefore presents a fruitful avenue for future research.

### Weitere Funktionen Prof. Fahr

#### Additional functions Prof. Fahr

- Vizepräsident für Wissens- und Technologietransfer
- Wissenschaftlicher Direktor, BaER-Lab, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Paderborn
- Universitätsprofessor (W3), Inhaber des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Corporate Governance an der Universität Paderborn
- Research Fellow des Forschungsinstituts zur Zukunft der Arbeit (IZA)

- Mitglied im Zentrum für Komparative Theologie und Kulturwissenschaften
- Academic Advisor oikos Paderborn
- Gutachter für verschiedene Fachzeitschriften

### Weitere Funktionen Dr. Mir Djawadi

#### Additional functions Dr. Mir Djawadi

- Leiter, BaER-Lab, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Paderborn
- Geschäftsführer/Secretary der internationalen Forschungsgemeinschaft Society for the Advancement of Behavioral Economics (SABE)
- Gutachter für verschiedene Fachzeitschriften

### Aktuelle Forschungsprojekte

#### Current research projects

#### **Untersuchung von effektiven Compliance und Integritätsmaßnahmen für die Steigerung von Whistleblowing Verhalten: Ein Experimenteller Ansatz**

Im Rahmen des Projekts wird die Ausgestaltung unternehmensweiter Ethikprogramme zur Förderung von Whistleblowing-Verhalten untersucht. Die experimentalökonomische Methode ermöglicht dabei durch gezielte Variation institutioneller Faktoren, Kausalzusammenhänge zwischen verschiedenen Maßnahmen und Whistleblowing-Verhalten aufzudecken.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 30.11.2018 – 1.08.2021

#### **DFG Sonderforschungsbereich 901 "On-The-Fly-Computing", Teilprojekt A4 "Empirische Analysen in Märkten für OTF Dienstleistungen"**

Die Zielsetzung des SFB 901 On-The-Fly Computing liegt in der Entwicklung eines weltweiten Markts, auf dem individualisierte IT-Dienstleistungen automatisch konfiguriert und ausgeführt werden. Neben den technischen Herausforderungen muss dabei auch die Akzeptanz der Nutzer berücksichtigt werden. Um die Effektivität und Effizienz eines solchen Markts zu gewährleisten, forschen wir in Teilprojekt A4 zu Treibern von Kundenbewertungen und am Design von Bewertungssystemen.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 01.07.2019 – 30.06.2023

**Behavioral Economics for Humin-in-the-loop Control Systems Design (mit Prof. Dr. Daniel Quevedo)**

Es handelt sich um ein interdisziplinäres Projekt, bei dem Erkenntnisse aus der Verhaltensökonomie in Untersuchungen zur Mensch-Maschine-Interaktion eingebunden werden. Der Fokus liegt dabei auf der Gestaltung von effizienteren regelungstechnischen Feedbackprozessen, welche die Wahrnehmungs- und Verhaltensverzerrungen von menschlichen Akteuren miteinbeziehen und zu besseren Entscheidungen führen sollen.

*Förderinstitution: noch offen*

*Laufzeit: noch offen*

**Aktuelle Industriekooperationen****Current industry cooperations**

- Weidmüller Interface GmbH & Co. KG: Praxisvortrag Mark Edler in Vorlesung "Grundlagen der Corporate Governance". Weiterer Praxisvortrag in Planung in Vorlesung "Sustainability"
- PricewaterhouseCoopers GmbH: Praxisvortrag in Vorlesung "Grundlagen der Corporate Governance"
- Masterarbeit mit Weidmüller: „Globale Trends und unternehmerische Nachhaltigkeit“
- Bachelorarbeit mit cum ratiore: „Faire Textilien – Vorgaben der übergeordneten Organe DFB/DFL an seine Mitglieder“
- Stiftung Gemeinwohlökonomie NRW: Zusammenarbeit im Seminar zur Unternehmenspolitik

**Wissenschaftliche Kooperationen****Scientific cooperations**

- Prof. Dr. Daniel Quevedo, Professor in Cyberphysical Systems with the School of Electrical Engineering and Robotics, Queensland University of Technology (QUT), Brisbane, Australia
- Prof. Dr. Klaus Abbink, Professor of Economics, Monash University, Melbourne, Australia
- Dr. Eva Jakob, Entrepreneurship Research & Education, Universität Paderborn

## Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

## Product Creation

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

### Publikationen

#### Publications

- Gräßler, Iris; Bettenhausen, Kurt D. ; Bilgic, Attila M.; Dirzus, Dagmar: Which future do we want? It's up to us! – 4 future scenarios for automation 2030. at-Automatisierungstechnik, Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik, Special Issue: From The Activities Of The IFAC German Member Organization GMA 68(6): S. 500 – 507, Jun. 2020 ISSN: 0178-2312, e-ISSN: 2196-677X
- Gräßler, Iris; Bodden, Eric; Pottebaum, Jens; Geismann, Johannes; Roesmann, Daniel: Security-Oriented Fault-Tolerance in Systems Engineering: A Conceptual Threat Modelling Approach for Cyber-Physical Production Systems. In: Advanced, Contemporary Control, Advances in Intelligent Systems and Computing, Band 1196, S. 1458 – 1469, 2020, Springer International Publishing
- Gräßler, Iris; Hentze, Julian: The new V-Model of 2206 and its validation. at-Automatisierungstechnik Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik, 68(5): S. 312 – 324, Mai 2020
- Gräßler, Iris; Hentze, Julian; Hesse, Philipp: Anchoring Points as a Method for Interdisciplinary Systems Engineering with the New V-Model. In: Proceedings of TMCE Conference 2020, S. 279 – 286, ISBN/EAN: 978-94-6384-131-3, 2020
- Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens: Immersive Abstraction: A New Morphology Of Intuitive Interaction With System Models. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojčević, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2020 16th International Design Conference, Band 1, S. 1295 – 1304, DOI: <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.158>, 26. – 29. Okt. 2020 Design Society, Cambridge University Press
- Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens; Scholle, Philipp; Thiele, Henrik: Innovation management and strategic planning of innovative self-preparedness and self-protection services. In: ISPIM Conference Proceedings, S. 1 – 9, ISBN 978-952-335-466-1, 7. – 10. Jun. 2020, International Society for Professional Innovation Management (ISPIM)
- Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens; Taplick, Patrick; Roesmann, Daniel; Kamann, Markus: Produkt-
- datenbasiertes, arbeitsgebundenes Lernen für und mit Augmented Reality in der Instandhaltung. In: Frühjahrskongress 2020 – Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?, S. B.2.2, ISBN 978-3-936804-27-0, Berlin, 16. – 18. Mrz. 2020, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund
- Gräßler, Iris; Preuss, Daniel; Oleff, Christian: Automatisierte Identifikation und Charakterisierung von Anforderungsabhängigkeiten – Literaturstudie zum Vergleich von Lösungsansätzen. In: Krause, Dieter; Paetzold, Kristin; Wartzack, Sandro (Hrsg.) Proceedings of the 31st Symposium Design for X (DFX2020), S. 199 – 208, DOI: <https://doi.org/10.35199/dfx2020.21>, 16. – 18. Sep. 2020, Design Society
- Gräßler, Iris; Roesmann, Daniel; Pottebaum, Jens: Entwicklung eines Prüfstands für die Bewertung von kompetenzbildenden Assistenzsystemen in Cyber-physischen Produktionssystemen. In: Frühjahrskongress 2020 – Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?, S. B.6.4, ISBN 978-3-936804-27-0, Berlin, 16. – 18. Mrz. 2020, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund
- Gräßler, Iris; Roesmann, Daniel; Pottebaum, Jens: Model based Integration of Human Characteristics in Production Systems: A Literature Survey. In: 14th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 2020, Elsevier B.V.
- Gräßler, Iris; Roesmann, Daniel; Pottebaum, Jens: Traceable learning effects by use of digital adaptive assistance in production. In: Procedia Manufacturing – Proceedings of the 10th Conference on Learning Factories, CLF2020, Band 45, S. 479 – 484, doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.058, Graz, Austria, 16. – 17. Apr. 2020, Elsevier
- Gräßler, Iris; Scholle, Philipp; Thiele, Henrik: Improving scenario-technique by a semi-automatized consistency assessment based on pattern recognition by artificial neural networks. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojčević, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2020 16th International Design Conference, Band 1, S. 147 – 156, DOI: <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.279>, 26. – 29. Okt. 2020 Design Society, Cambridge University Press
- Gräßler, Iris; Scholle, Philipp; Thiele, Henrik: Scenario Technique. In: Vajna, Sandor (Hrsg.) Integrated Design Engineering. Interdisciplinary and Holistic Product Development, Kapitel: 20, S. 507 – 529. Springer International Publishing Switzerland, ISBN: 978-3-030-19356-0, DOI: 10.1007/978-3-030-19357-7, 2020
- Gräßler, Iris; Scholle, Philipp; Thiele, Henrik: Semi-automatized consistency assessment in Scenario-Technique: Generic consistency patterns and user types. In: ISPIM Conference Proceedings, S. 1 – 13, ISBN 978-952-335-466-1, 7. – 10. Jun. 2020, International Society for Professional Innovation Management (ISPIM)
- Gräßler, Iris; Thiele, Henrik; Bauer, Klaus; Bedenbender, Heinz; Bettenhauser, Kurt Dirk; Bilgic, Attila; Dirzus, Dagmar; Grieb, Herbert; Heizmann, Michael; Lange, Christian; Menze, Thomas; Miny, Thorben; Roos, Eckhard; Sommer, Klaus-Dieter; Tauchnitz, Thomas; Weyrich, Michael: Automation 2030. Zukunft gestalten – Szenarien und Empfehlungen. VDI-Verlag, Düsseldorf, 2020
- Gräßler, Iris; Thiele, Henrik; Scholle, Philipp: Assessing the future: Methods and criteria. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojčević, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2020 16th International Design Conference, Band 1, S. 569 – 576, DOI: <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.278>, 26. – 29. Okt. 2020 Design Society, Cambridge University Press
- Ley, Peer-Philipp; Wirths, Laura; Oleff, Christian; Jungreitmayr, Franz; Vajna, Sandor; Paetzold, Kristin; Borg, Jonathan C.: A Methodical Approach To Integrated Product Development In Total Hip Arthroplasty. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojčević, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2020 16th International Design Conference, Band 1, S. 2009 – 2018, DOI: <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.271>, 26. – 29. Okt. 2020 Design Society, Cambridge University Press
- Mentler, Tilo; Reuter, Christian; Nestler, Simon; Kauffhold, Marc-Andre; Herczeg, Michael; Pottebaum, Jens: 7. Workshop Mensch-Maschine-Interaktion in sicherheitskritischen Systemen. In: Hansen, C.; Nürnberger, A.; Preim, B. (Hrsg.) Mensch und Computer 2020 – Workshopband, DOI: 10.18420/muc2020-ws117, 2020, Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn

Pottebaum, Jens; Gräßler, Iris: Informationsqualität in der Produktentwicklung: Semantische Beschreibung inhärenter Unsicherheit in Produktmodellen. Konstruktion, VDI-Verlag 2020

Stark, Rainer; Thoben, Klaus-Dieter; Gerhard, Detlef; Hick, Hannes; Kirchner, Eckhard; Anderl, Reiner; Wartzack, Sandro; Krause, Frank-Lotthar; Gräßler, Iris; Pottebaum, Jens; Schleich, Benjamin; Stelzer, Ralph; Klein, Patrick; Saske, Bernhard; Czwick, Cordula; Gogineni, Sonika; Klimmeck, Lukas; Bajzek, Matthias; Jacobs, Georg; Berroth, Joerg; Zimmermann, Thomas; Kranabittl, Philipp; Göckel, Nicole: Digitaler Zwilling. In: WiGeP-Positionspapier, 2020, Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP)

Thiele, Henrik; Weber, Sebastian; Reichwein, Jannik; Bartolo, Joseph A.; Tchana, Yvan; Jimenez, Lucas; Borg, Jonathan C.: A Scrum Agile Integrated Development Framework. In: Marjanovic, Dorian; Storga, Mario; Pavkovic, Neven; Bojcecic, Nenad; Skec, Stanko (Hrsg.) Proceedings of the DESIGN 2020 16th International Design Conference, Band 1, S. 747–756, DOI: <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.9>, 26.–29. Okt. 2020 Design Society, Cambridge University Press

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**Frühjahrskongress 2020 – Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?**  
16.–18.03.2020, Virtuelle Konferenz

**CIRP CLF 2020: 10th Conference on Learning Factories**  
16.–17.04.2020, Virtuelle Konferenz

**ISPIIM Virtual 2020**  
07.–10.06.2020, Virtuelle Konferenz

**CIRP ICME 2020: 14th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering**  
15.–17.07.2020, Virtuelle Konferenz

**Mensch und Computer 2020**  
06.–09.09.2020, Virtuelle Konferenz, Organisation eines Workshops

**Symposium Design for X**  
16.–17.09.2020, Virtuelle Konferenz

**20th Polish Control Conference PCC'2020**  
14.–16.10.2020, Virtuelle Konferenz

**16th International Design Conference**  
26.–29.10.2020, Virtuelle Konferenz

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

Prof. Gräßler wurde zur Vorsitzenden des neuen VDI GMA Fachausschusses 7.10 „Strategische Planung und Entwicklung hybrider Leistungsbündel“ des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) gewählt.

Berufung von Prof. Gräßler in das Scientific and Technological Advisory Board (STAB) des Linz Center of Mechatronics GmbH

### Weitere Funktionen Additional functions

- Gutachterin für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Gutachterin für die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)
- Mitglied der WiGeP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung
- Direkt gewähltes Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und Produkt- und Prozessgestaltung (GPP) Gemeinschaftsausschuss 7.02 „Systemhaus“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.10 „Interdisziplinäre Produktentstehung“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.15 „Mechatronik“
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.10 „Strategische Planung und Entwicklung hybrider Leistungsbündel“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.23 „Businessmodelle für Industrie 4.0“
- Programmausschuss VDI/VDE Mechatroniktagung
- Programme Committee der European Current Engineering Conference (ECEC)

- Scientific Advisory Board International DESIGN Conference
- Scientific Committee of International Conference on Engineering Design (ICED)
- Scientific Committee of International Conference Production Engineering and Management
- SciFi-It – The International Science Fiction Prototyping Conference
- TPC member for 13th Annual Conference on System of Systems Engineering (SoSE 2018, INCOSE)
- Prüfungsausschussvorsitzende Wirtschaftsingenieurwesen seit 2014
- Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats für das Anwendungszentrum Industrie 4.0 Potsdam
- Mitglied des Advisory Boards der Design Society
- Mitglied des Scientific and Technological Advisory Board (STAB) des Linz Center of Mechatronics GmbH
- Gutachterin Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen
- Fachgutachterin für das Wissenschaftsministerium Baden-Württemberg (MWK)
- Gutachterin Bayerische Forschungsstiftung
- Gutachterin Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft
- Mitglied im Scientific Board des Direct Manufacturing Research Centre (DMRC) und des Paderborner Institut für Additive Fertigung (PIAF) der Universität Paderborn
- Vorstandsmitglied des Heinz Nixdorf Instituts
- Jurymitglied TH Köln Wissenschaftspreis: Forschungspreis, Transferpreis, Promotionspreis
- Programmausschuss 22. VDI-Kongress AUTOMATION 2021

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### OptiAMix – Mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung für additive Fertigungsverfahren im Produktentstehungsprozess

Entwicklung einer Methode und eines Softwareprototyps zur Definition und Handhabung von Anforderungsänderungen sowie die bauteilspezifische Potenzialidentifikation für die additive Fertigung

Förderinstitution: Bundesministerium für

*Bildung und Forschung (BMBF)*

*Laufzeit: 01.01.2017 – 31.10.2020*

**ARCA – Automated Requirement Change Analysis for the development of complex technical systems**

Bewertung des Änderungsrisikos von Anforderungen in interdisziplinären Entwicklungsprojekten

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*

*Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2021*

**Forschungskolleg „Leicht – Effizient – Mobil, Komplexitätsmanagement für den Leichtbau mit Hybridsystemen“**

Strategische Planung innovativer Leichtbaukonzepte; Systematischer Ressourceneinsatz zur Verbesserung der End-of-life Strategien

*Förderinstitution: MKW des Landes Nordrhein-Westfalen*

*Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022*

**Forschungskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“**

Soziotechnisches Produktionsmanagement in Cyber-physischen Produktionssystemen; Fähigkeitsgerechte Zuordnung von Aufgaben in der Mensch-Technik-Kooperation

*Förderinstitution: MKW des Landes Nordrhein-Westfalen*

*Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022*

**Aktuelle Industriekooperationen**

**Current industry cooperations**

- Phoenix Contact GmbH & Co. KG
- BST eltromat International GmbH & Co. KG
- Egger Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. KG
- The Boeing Company
- EDAG Engineering GmbH
- WP Kemper GmbH
- INTES Ingenieurgesellschaft für technische Software mbH
- Hirschvogel Tech Solutions
- Krause DiMaTec GmbH
- IAV GmbH

## Intelligente Systeme und Maschinelles Lernen

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

## Intelligent Systems and Machine Learning

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

### Publikationen Publications

- Abbaszadeh, Sadegh; Hüllermeier, Eyke. Machine Learning with the Sugeno Integral: The Case of Binary Classification. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, doi 10.1109/TFUZZ.2020.3026144, 2020
- Bengs, Viktor; Hüllermeier, Eyke. Preselection Bandits. In *Proceedings ICML 2020, International Conference on Machine Learning*. Vienna, Austria, 2020
- Bresson, Roman; Cohen, Johanne; Hüllermeier, Eyke; Labreuche, Christophe; Sebag, Michèle. Neural Representation and Learning of Hierarchical 2-additive Choquet Integrals. In *Proceedings IJCAI 2020, International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Yokohama, Japan, 2020
- Campagner, Andrea; Ciucci, Davide; Hüllermeier, Eyke. Feature Reduction in Superset Learning Using Rough Sets and Evidence Theory. In *Proceedings IPMU (1) 2020, International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*. Lisbon, Portugal, 2020
- Castenow, Jannik; Feldkord, Björn; Knollmann, Till; Malatyali, Manuel; Meyer auf der Heide, Friedhelm. The Online Multi-Commodity Facility Location Problem. In *Proceedings SPAA 2020, ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures*. Virtual Event, 2020
- Damke, Clemens; Melnikov, Vitalik; Hüllermeier, Eyke. A Novel Higher-order Weisfeiler-Lehman Graph Convolution. In *Proceedings ACML 2020, Asian Conference on Machine Learning*. Bangkok, Thailand, 2020
- Dari, Simone; Kadrileev, Nikolay; Hüllermeier, Eyke. A Neural Network-Based Driver Gaze Classification System with Vehicle Signals. In *Proceedings IJCNN 2020, International Joint Conference on Neural Networks*. Glasgow, United Kingdom, 2020
- Dari, Simone; Epple, Nico; Protschky, Valentin. Unsupervised Blink Detection and Driver Drowsiness Metrics on Naturalistic Driving Data. In *Proceedings ITSC 2020, IEEE International Conference on Transportation and Systems*. Virtuals Conference, 2020
- Dari, Simone; Hüllermeier, Eyke. Reliable Driver Gaze Classification based on Conformal Prediction. In *Proceedings 30th Workshop Computational Intelligence*. Berlin, Germany, 2020
- El Mesaoudi-Paul, Adil; Weiß, Dimitri; Bengs, Viktor; Hüllermeier, Eyke; Tierney, Kevin. Pool-Based Realtime Algorithm Configuration: A Preselection Bandit Approach. In *Revised Selected Papers LION 2020, International Conference on Learning and Intelligent Optimization*. Athens, Greece, 2020
- Haddenhorst, Björn; Hüllermeier, Eyke; Kolb, Martin. Generalized transitivity: A systematic comparison of concepts with an application to preferences in the Babington Smith model. *International Journal of Approximate Reasoning* 119, 373-407, 2020
- Hanselle, Jonas Manuel; Tornede, Alexander; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke. Hybrid Ranking and Regression for Algorithm Selection. In *Proceedings KI 2020, German Conference on AI*. Bamberg, Germany, 2020
- Hüllermeier, Eyke; Fürnkranz, Johannes; Loza Mencía, Eneldo; Nguyen, Vu-Linh; Rapp, Michael. Rule-Based Multi-label Classification: Challenges and Opportunities. In *Proceedings RuleML+RR 2020, International Joint Conference on Rules and Reasoning*. Oslo, 2020
- Hüllermeier, Eyke; Fürnkranz, Johannes; Loza Mencía, Eneldo. Conformal Rule-Based Multi-label Classification. In *Proceedings KI 2020, German Conference on AI*. Bamberg, Germany, 2020
- Hüllermeier, Eyke. Towards Analogy-Based Explanations in Machine Learning. In *Proceedings MDAI 2020, International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence*. Sant Cugat, Spain, 2020
- Hoffmann, Martin W.; Wildermuth, Stephan; Gitzel, Ralf; Boyacı, Aydin; Gebhardt, Jörg; Kaul, Holger; Amihai, Ido; Forg, Bodo; Suriyah, Michael; Leibfried, Thomas; Stich, Volker; Hicking, Jan; Bremer, Martin; Kaminski, Lars; Beverungen, Daniel; zur Heiden, Philipp; Tornede, Tanja. Integration of Novel Sensors and Machine Learning for Predictive Maintenance in Medium Voltage Switchgear to Enable the Energy and Mobility Revolutions. *Sensors* 20(7), article 2099, 2020
- Leong, Alex S.; Ramaswamy, Arunselvan; Quevedo, Daniel E.; Karl, Holger; Shi, Ling. Deep reinforcement learning for wireless sensor scheduling in cyber-physical systems. *Automatica* 113, article 108759, 2020
- Nguyen, Vu-Linh; Hüllermeier, Eyke; Rapp, Michael; Loza Mencía, Eneldo; Fürnkranz, Johannes. On Aggregation in Ensembles of Multilabel Classifiers. In *Proceedings DS 2020, International Conference on Discovery Science*. Thessaloniki, Greece, 2020
- Nguyen, Vu-Linh; Hüllermeier, Eyke. Reliable Multilabel Classification: Prediction with Partial Abstention. In *Proceedings AAAI 2020, AAAI Conference on Artificial Intelligence*. New York, USA, 2020
- Pfannschmidt, Karlson; Hüllermeier, Eyke. Learning Choice Functions via Pareto-Embeddings. In *Proceedings KI 2020, German Conference on AI*. Bamberg, Germany, 2020
- Rahnama, Javad; Hüllermeier, Eyke. Learning Tversky Similarity. In *Proceedings IPMU (2) 2020, International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*. Lisbon, Portugal, 2020
- Ramaswamy, Arunselvan. DSPG: Decentralized Simultaneous Perturbations Gradient Descent Scheme. In *Proceedings PDP 2020, Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing*. Västerås, Sweden, 2020
- Ramaswamy, Arunselvan; Bhatnagar, Shalabh; Quevedo, Daniel E.. Asynchronous stochastic approximations with asymptotically biased errors and deep multi-agent learning. *IEEE Transactions on Automatic Control, Digital Object Identifier: 10.1109/TAC.2020.3026269*, 2020
- Richter, Cedric; Hüllermeier, Eyke; Jakobs, Marie-Christine; Wehrheim, Heike. Algorithm Selection for Software Validation Based on Graph Kernels. *Automated Software Engineering* 27(1), 153 – 186, 2020
- Rohlfing, Katharina J.; Leonardi, Giuseppe; Nomikou, Iris; Raczaszek-Leonardi, Joanna; Hüllermeier, Eyke. Multimodal Turn-Taking: Motivations, Methodological Challenges, and Novel Approaches. *IEEE Transactions on*

Cognitive and Developmental Systems 12(2), 260–271, 2020

Shaker, Mohammad Hossein; Hüllermeier, Eyke. Aleatoric and Epistemic Uncertainty with Random Forests. In Proceedings IDA 2020, International Symposium on Intelligent Data Analysis. Konstanz, Germany, 2020

Tornede, Alexander; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke. Extreme Algorithm Selection with Dyadic Feature Representation. In Proceedings DS 2020, International Conference on Discovery Science. Thessaloniki, Greece, 2020

Tornede, Alexander; Wever, Marcel; Werner, Stefan; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke. Run2Survive: A Decision-theoretic Approach to Algorithm Selection based on Survival Analysis. In Proceedings ACML 2020, Asian Conference on Machine Learning. Bangkok, Thailand, 2020

Tornede, Alexander; Wever, Marcel; Hüllermeier, Eyke. Towards Meta-Algorithm Selection. In Proceedings MetaLearn@NeurIPS2020, Meta-Learning Workshop at the Neural Information Processing Systems Conference. Vancouver, Kanada, 2020

Tornede, Tanja; Tornede, Alexander; Wever, Marcel; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke. AutoML for Predictive Maintenance: One Tool to RUL them all. In Proceedings IOTStreams@ECMLPKDD 2020, ECML/PKDD Workshop on IoT Streams for Data-Driven Predictive Maintenance. Ghent, Belgium, 2020

Wever, Marcel; van Rooijen, Lorijn; Hamann, Heiko. Multiracle Coevolutionary Learning of Requirements Specifications from Examples in On-The-Fly Markets. Evolutionary Computation 28(2), 165–193, 2020

Wever, Marcel; Tornede, Alexander; Mohr, Felix; Hüllermeier, Eyke. LiBR: Label-Wise Selection of Base Learners in Binary Relevance for Multi-Label Classification. In Proceedings IDA 2020, International Symposium on Intelligent Data Analysis. Konstanz, Germany, 2020

## Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

### Beyond Adaptation: Understanding Distributional Changes

Dagstuhl Seminar 20372, Co-Organizer  
September 6–11, 2020, Dagstuhl, Germany

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

Frontier Prize an Marcel Wever, Alexander Tornede, Felix Mohr und Eyke Hüllermeier für das Papier "LiBR: Label-Wise Selection of Base Learners in Binary Relevance for Multi-Label Classification" als wissenschaftlich innovativer Beitrag auf der Konferenz "Symposium on Intelligent Data Analysis" (IDA 2020)

### Weitere Funktionen Additional functions

- Vorsitzender des DaSCo, Paderborn Institute for Data Science and Scientific Computing.
- 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), Journal of Machine Learning Research (editorial board reviewer), 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)
- Scientific Advisor der Iranischen Gesellschaft für Fuzzy Sets and Systems (IFSS)
- Forschungsdekan der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik

## Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

### AutoSCA: Automated vulnerability analysis of cryptographic protocols

The AutoSCA project investigates the automated security analysis of cryptographic protocols against side channel attacks and the automated detection of side channels at network protocol level using modern ML techniques. The goal is to develop an ML-based pentesting tool for cryptographic protocols, which performs highly sophisticated tests automatically and generates meaningful reports. The tool will be extended incrementally from phase to phase. In the context of AutoSCA, new methodical techniques for AI-based automatic recognition of cryptographic side channels are researched and further developed. Based on this, a prototypical tool for automated recognition of complex cryptographic attack techniques will be implemented.

Partners: Prof. T. Jäger (University of Wuppertal) and achelos GmbH (Paderborn)

Funding: German Ministry of Education and Research, BMBF

Term: 2020–2023

### DFG Collaborative Research Center 901 “On-The-Fly Computing”, subproject B2 “Configuration and Rating”

This subproject deals with formal approaches for configuration and evaluation of services and their algorithmic and practical implementation in the scenario of OTF Computing. The focus of the current funding phase is on the extension of a purely sequential composition of services into a sequential-hierarchical approach (using service templates) and the improvement of the efficiency and adaptability of the configuration process using methods of machine learning. As a concrete application scenario the configuration of Machine Learning (ML) Services is used, along with the idea of the OTF Machine Learning (OTF-ML), based on the current research area of the Automated Machine Learning (AutoML). This subproject is coordinated by Eyke Hüllermeier and Axel-Cyrille Ngonga Ngomo.

Funding: German Research Foundation (DFG)

Term: 2019–2023

### DFG Collaborative Research Center 901 “On-The-Fly Computing”, subproject B3 “Service Composition Analysis in Partially Unknown Contexts”

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 – 2023*

### EML4U: Explainable machine learning for interactive episodic updates of models

Machine Learning (ML) allows complex relationships to be modeled using data. Thus, complex and often grossly simplified mathematical modelling of certain conditions can be avoided. In addition, a new type of functionality opens up: ML models can be adapted to changing requirements and conditions in a data-driven manner. In order to achieve a regular adaptation, data is collected during the use of a model and the model is re-trained taking this information into account. Thus, an episodic update of the ML model takes place.

*Partners: Prof. B. Hammer (Bielefeld University) and Semalytix GmbH (Bielefeld)*

*Funding: German Ministry of Education and Research, BMBF  
Term: 2020 – 2022*

### FLEMING: Flexible monitoring and control systems for the energy and mobility turnaround in the distribution network through the use of artificial intelligence

In the FLEMING joint project, a consortium of research and industry is investigating how the current use of sensors in distribution networks can be fundamentally improved by using methods of artificial intelligence (AI) together with an extension of sensor technology. The aim is to make a significant contribution to the success of the energy and mobility turnaround in Germany.

*Partners: Institute for Industrial Management FIR (RWTH Aachen), Institute of Electric Energy Systems and High-Voltage Engineering (KIT Karlsruhe), ABB Research Center Germany, and further industrial partners*

*Funding: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi  
Term: 2019 – 2022*

### iART: An Interactive Analysis and Retrieval Tool to Support Image-oriented Research Processes

The goal of the project iART is the development of a tool to support a systematic search in electronic image databases and for the automated (similarity-based) analysis of large image corpora, based on methods of machine learning (ML) and concepts of statistics and data analysis. Specifically, the planned tool is characterized by three functionalities: pattern recognition (e.g. based on deep learning), similarity analysis (e.g. clustering) and personalization or adaptation to user preferences, which has not yet been realized in this combination in any comparable project. iART will close this gap in research or application and, with the help of a solution provided freely and in source code, make it possible to search art historical image collections. Ralph Ewerth (TIB Hannover), Hubertus Kohle (LMU München), and Eyke Hüllermeier coordinate this project.

*Funding: German Research Foundation  
Term: 2019 – 2021*

### 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 (UniBW München),

Doris Tophinke, and Eyke Hüllermeier coordinate this project

*Funding: German Research Foundation  
Term: 2017 – 2020*

### ITS.ML: Intelligent Technical Systems of the Next Generation through Machine Learning

The goal of ITS.ML is to make machine learning (ML) available for Intelligent Technical Systems (ITS) on a sustainable basis. A special focus is on the establishment of ML as a service for small and medium-sized enterprises (SME).

*Partners: Bielefeld University, Bielefeld University of Applied Sciences, University of Applied Sciences Ostwestfalen-Lippe*

*Funding: German Ministry of Education and Research, BMBF  
Term: 2018 – 2021*

### it's OWL – ARISE: Artificial Intelligence in production planning and control

The project investigates how methods of artificial intelligence (AI) can be adapted and used for production planning and control. Based on concrete application scenarios, a methodology for the specification and implementation of AI in companies will be designed and tested. The focus is on preference learning (methods for learning preference models and (latent) utility functions), data-driven optimization (maximizing long-term performance through e.g. Bayesian optimization) and integration of expert knowledge (hybrid approaches). A special focus is the implementation and validation of methods for the concrete use cases.

*Partners: Fraunhofer IEM (Paderborn) and Josef Schulte GmbH*

*Funding: German Ministry of Education and Research, BMBF  
Term: 2020 – 2023*

### KI-Marktplatz: The ecosystem for artificial intelligence in product creation

The KI Marktplatz (AI marketplace) project will create an ecosystem for artificial intelligence in product creation. The lynchpin of the ecosystem is a digital platform of the same name. The platform brings together AI experts, solution providers and manufacturing companies and promotes joint innovations. Within the scope of the project, the digital platform will be set up and successively expanded with functionalities that enable the joint development of AI solutions for product creation and the provision of these solutions.

*Partners: Heinz Nixdorf Institute, Fraunhofer IEM*

*Paderborn, and industrial partners*

*Funding: German Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi  
Term: 2020 – 2023*

#### **ML-Depth: Weakly Supervised Depth Estimation in Monocular Images**

Depth estimation in image data is an important prerequisite for a number of computer vision tasks and scene understanding. However, estimating the camera distance of objects in monocular images is a difficult problem. In this project, image feature representations and machine learning methods to infer depth estimations relying on weak supervision are developed to tackle this problem for monocular images. One important goal of the project is to develop adequate features and descriptors for monocular depth criteria. In this respect, human visual perception serves as a basis and inspiration for the developed criteria. As a result, depth descriptors and interrelated features of different image regions are used to describe the scene. The derived feature representation is then integrated in a machine learning model. Additionally, deep learning architectures are assessed to provide learned representations for further model inference, which can include the necessity to also recognize objects by state-of-the-art methodologies. Ralph Ewerth (TIB Hannover) and Eyke Hüllermeier coordinate this project.  
*Funding: German Research Foundation  
Term: 2019 – 2021*

#### **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 un-

derstanding 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 – 2021*

#### **Smart-GM: Intelligent assistance system to support the digital transformation of business models**

The aim of the project is to substantially improve the ability to innovate business models at the participating companies and the largest possible number of other companies in NRW and beyond. To this end, an approach is to be developed which, based on the integration of artificial intelligence and crowdsourcing, actively suggests suitable business model ideas to the user. Specifically, a cross-domain metamodel for mapping relevant characteristics of business model ideas will be developed. Based on this, a research-prototypical implementation of the assistance system will be carried out, whose capabilities will be comprehensively evaluated using qualitative and quantitative methods. The overall aim of the project is to develop an assistance system that improves the ability to innovate business models for a broad range of companies – and especially for companies with limited experience in business model innovation.

*Partners: Software Innovation Campus Paderborn and industry partners (myconsult, UNITY, WP Kemper, aXon)  
Funding: European Union and State North Rhine-Westphalia  
Term: 2020 – 2022*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- ABB Automation Products GmbH, Ladenburg: Kooperation im Rahmen des automatisierten maschinellen Lernens
- achelos GmbH, Paderborn: Kooperation im Rahmen der automatisierten Analyse von kryptographischen Protokollen
- BMW, München: Kooperation im Rahmen des maschinellen Lernens für Fahrerassistenzsysteme: Ablenkungserkennung
- Josef Schulte GmbH, Delbrück: Kooperation

im Rahmen der intelligenter Unterstützung der Produktionsplanung und -steuerung

- Semalytix GmbH, Bielefeld: Kooperation im Rahmen des erklärbaren maschinellen Lernens
- Unity AG, Paderborn: Kooperation im Rahmen des maschinellen Lernens für industrielle Anwendungen
- Weidmüller AG, Detmold: Kooperation im Rahmen des automatisierten maschinellen Lernens

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Prof. Dr. Christian Borgelt, University of Salzburg, Austria
- Dr. Róbert Busa-Fekete, Google Research, New York, USA
- Prof. Dr. Humberto Bustince, Public University of Navarra, Spain
- Prof. Dr. Davide Ciucci, University of Milano, Bicocca, Italy
- Prof. Dr. Inés Couso, University of Oviedo, Spain
- Dr. Krzysztof Dembczynski, Poznan University of Technology, Institute of Computing Science, Poland
- Dr. Sébastien Destercke, Technical University Compiègne, France
- Prof. Dr. Ralph Ewerth, University of Hannover
- Prof. Dr. Johannes Fürnkranz, Johannes Kepler University Linz, Austria
- Prof. Dr. Barbara Hammer, Bielefeld University
- Prof. Dr. Dominik Heider, University of Marburg
- Prof. Dr. Tibor Jager, University of Wuppertal
- Prof. Dr. Göran Kaueremann, LMU München
- Prof. Dr. Hubertus Kohle, LMU München
- Prof. Dr. Martin Kolb, Paderborn University
- Prof. Dr. Rudolf Kruse, University of Magdeburg
- Prof. Dr. Emmanuel Müller, TU Dortmund
- Prof. Dr. Michele Sebag, Université Paris Saclay, France
- Dr. Balazs Szörenyi, Yahoo Research, New York, USA
- Prof. Dr. Willem Waegeman, Gent University, Belgium
- Prof. Dr. Heike Wehrheim, Paderborn University

## Algorithmen und Komplexität

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy

## Algorithms and Complexity

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy

### Publikationen Publications

H. Karl, D. Kundisch, F. Meyer auf der Heide, H. Wehrheim: A Case for a New IT Ecosystem: On-The-Fly Computing. *Business & Information Systems Engineering* 62 (2020) 467–481.

J. Castenow, B. Feldkord, T. Knollmann, M. Malatyali, F. Meyer auf der Heide: The Online Multi-Commodity Facility Location Problem. In: *Proceedings of the 32nd ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures*, 2020.

J. Castenow, C. Kolb, C. Scheideler: A Bounding Box Overlay for Competitive Routing in Hybrid Communication Networks. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN)*, ACM, n.d.

J. Castenow, J. Harbig, D. Jung, T. Knollmann, F. Meyer auf der Heide: Brief Announcement: Gathering in Linear Time: A Closed Chain of Disoriented & Luminous Robots with Limited Visibility. In: *Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems – 21st International Symposium, SSS 2020, Austin, Texas, USA, November 18–21, 2020, Proceedings (Accepted)*, 2020.

J. Castenow, M. Fischer, J. Harbig, D. Jung, F. Meyer auf der Heide: Gathering Anonymous, Oblivious Robots on a Grid. *Theoretical Computer Science* 815 (2020) 289–309.

J. Castenow, P. Kling, T. Knollmann, F. Meyer auf der Heide: A Discrete and Continuous Study of the Max-Chain-Formation Problem. In: *Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems - 21st International Symposium, SSS 2020, Austin, Texas, USA, November 18–21, 2020, Proceedings (Accepted)*, 2020.

J. Castenow, P. Kling, T. Knollmann, F. Meyer auf der Heide: Brief Announcement: A Discrete and Continuous Study of the Max-Chain-Formation Problem: Slow Down to Speed up. In: *Proceedings of the 32nd ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures*, 2020.

M. Braun, J. Castenow, F. Meyer auf der Heide: Local Gathering of Mobile Robots in Three Dimensions. In: *Proceedings of the 27th Conference on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO)*, Springer, 2020.

S. Baswana, S. Gupta, T. Knollmann: Mincut Sensitivity Data Structures for the Insertion of an Edge. In: F. Grandoni, G. Herman, P. Sanders (Eds.), *28th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2020)*, Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, Dagstuhl, Germany, 2020, pp. 12:1–12:14.

S. Pukrop, A. Mäcker, F. Meyer auf der Heide: Approximating Weighted Completion Time for Order Scheduling with Setup Times. In: *Proceedings of the 46th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM)*, 2020.

### Promotionen PhD Theses

Björn Feldkord

#### Mobile resource allocation

This thesis covers the topic of resource allocation problems that are tailored to scenarios primarily involving mobile users. The resources are placed close to the users, e.g., at the base stations of a mobile network. The performance of applications accessed by the users depends, among other things, on latencies which have to be guaranteed by a suitable placement of the resources. This implies that the configuration of resources must be continuously adapted. However, these changes must be easily computable and quickly applicable to maintain a high service quality. We propose two basic models, which deal with the placement of mobile resources: Our first model is called the Mobile Server problem, where we are concerned with the placement of a fixed number of resources. These resources can be moved over a short distance before answering an incoming request. For this problem, we propose online algorithms based on the methods used in similar problems such as the k-Server and Page Migration problems, and prove asymptotically almost optimal competitive ratios. The second problem is an extension of the Online Facility Location problem, where we allow an online algorithm to correct its positions of the facilities over time. The movement distance is limited implicitly through a cost proportional to the distance as well as directly through a fixed upper bound per time step. We propose online algorithms that achieve competitive ratios independent of time and the number of clients. The results are asymptotically optimal on the line.

### Weitere Funktionen Additional functions

- Member of the "Hochschulrat" of the Paderborn University
- Director of the Collaborative Research Center (SFB 901) "On-The-Fly Computing"
- Member of the German Academy of Sciences "Leopoldina", Vice Chair of the Section Information Sciences
- Member of the NRW Academy of Sciences, Humanities and the Arts
- Member of the National Academy of Science and Engineering "acatech"
- DFG Special Advisor (Vertrauensdozent) of the Paderborn University
- Member of Paderborn Institute for Data Science and Scientific Computing (DASCO)
- Advisory board member of "Journal of Interconnection Networks (JOIN)", World Scientific Publishing
- Chairman of the Scientific Advisory Board of the Leibniz-Zentrum für Informatik, Schloss Dagstuhl
- Member of the Program Committee of the 33rd IEEE International Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS 2019)

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing"

The objective of CRC 901 – On-The-Fly Computing (OTF Computing) – is to develop techniques and processes for automatic on-the-fly configuration and provision of individual IT services out of base services that are available on world-wide markets. In addition to the configuration by special OTF service providers and the provision by so-called OTF Compute Centers, this involves developing methods for quality assurance and the protection of participating clients and providers, methods for the target-oriented further development of markets, and methods to support the interaction of the participants in dynamically changing markets. Friedhelm Meyer auf der Heide is coordinator of this collaborative research centre since 2011. The CRC was reevaluated in February 2019. Based on this evaluation, the DFG has approved the third (and final) funding period from July 2019 to June 2023. *Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2011–2023*

### **DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject A1 "Capabilities and limitations of local strategies in dynamic networks"**

This subproject started in 2011 with the objective to explore the capabilities and limits of local methods for control and optimization of big dynamic networks. Our focus lies on overlay networks, which allow the interaction between actors of the OTF market (the clients) and service providers to support services and provide infrastructure. "Local" in this context means that the control and optimization is not performed by a central instance but distributed by the actors, based on their local information. This subproject is coordinated by Friedhelm Meyer auf der Heide and Christian Scheideler. *Funding: German Research Foundation (DFG) Term: 2015 – 2023*

### **DFG Collaborative Research Centre 901 "On-The-Fly Computing", subproject C4 "On-The-Fly Compute Centers II: Execution of Composed Services in Configurable Compute Centers"**

In this subproject we are concerned with efficiently utilizing resources within a highly configurable compute center. We emphasize the collaboration between theoretical and practical computer science on closely related issues. OTF Compute Centers are particularly characterized by their ability to profitably exploit the properties of OTF services. They are therefore heterogeneous, in that they have various types of calculation units and persistent storage units. They also have one or more networks that connect these resources with each other. OTF services can be provided by a single or several interacting geographically or organizationally distributed OTF Compute Centers and, if necessary, they are supplemented by temporarily rented resources from the cloud. We will therefore develop and analyze scheduling processes, that consider the characteristics of OTF services on the one hand, and OTF Compute Centers on the other. This subproject is coordinated by Holger Karl and Friedhelm Meyer auf der Heide. *Funding: German Research Foundation Term: 2015 – 2023*

### **DFG project: Distributed Data Streams in Dynamic Environments (DISDAS) in the DFG-Priority Programme 1736 Algorithms for Big Data**

In this project we lay the foundations for the design and analysis of distributed algorithms that continuously compute aggregated 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 (DFG) Term: 2014 – 2020*

### **Extension of sensor simulation for electronic control unit development with SensorSim by dynamically generated 3D scenes using the OSI standard (OSIgoes3D)**

The aim of the project is to extend the sensor simulation for electronic control unit development with SensorSim by dynamically generated 3D objects/3D scenes using the Open Simulation Interface (OSI) in order to create the 3D world "on-the-fly" during the simulation time and without having to create and integrate it beforehand. In addition to the dynamic creation of the 3D world, the OSI standard is intended to increase the interoperability of dSPACE's tools. OSI is to be standardized by the ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems). The goal of this project is to create the 3D world "on-the-fly" during the simulation time and not to have to model, tune, and "download" it beforehand. *Funding: dSPACE GmbH Term: 2019 – 2020*

### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- dSPACE GmbH, Paderborn, Kooperation im Rahmen der Erzeugung virtueller Welten
- SICP – Software Innovation Campus Paderborn

### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- University of Warwick, Prof. Dr. Artur Czumaj, Warwick, United Kingdom
- University of Liverpool, Prof. Dr. Martin Gairing, Liverpool, United Kingdom
- Loughborough University, Prof. Dr. Lars Nagel, Loughborough, United Kingdom
- KAIST, Prof. Dr. Martin Ziegler, Daejeon, South Korea
- Charles University, Prof. Dr. Jiri Sgall, Prague, Czech Republic
- Haigazian University, Prof. Dr. Christine Markarian, Beirut, Lebanon
- Lebanese American University, Prof. Dr. Faisal N. Abu-Khzam, Beirut, Lebanon
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Prof. Dr. Ernst Althaus, Mainz
- Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Prof. Dr. Andre Brinkmann, Mainz
- Hochschule Fulda, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Prof. Dr. Tim Süß, Fulda
- Universität Hamburg, Junior-Professor Dr. Peter Kling, Hamburg
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Prof. Dr. Klaus Jansen, Kiel
- Hasso Plattner Institut Potsdam, Dr. Pascal Lenzner, Potsdam
- Carleton University, Prof. Dr. Nicola Santoro, Ottawa, Canada
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Dr. Stefan Kaufmann, Freiburg

## Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

## System and Circuit Technology

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

### Publikationen

#### Publications

Abughannam, Saed; Scheytt, Christoph: Sensitivity Analysis of a Low-Power Wake-Up Receiver Using an RF Barker Code SAW Correlator and a Baseband Narrowband Correlator. In: IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2020), Virtuelle Konferenz, 31. Aug. – 3. Sep. 2020, IEEE

Adelt, Peer; Koppelman, Bastian; Müller, Wolfgang; Scheytt, Christoph: A Scalable Platform for QEMU Based Fault Effect Analysis for RISC-V Hardware Architectures. In: Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen (MBMV 2020), Stuttgart, DE, Mrz. 2020

Bahmanian, Meysam; Fard, Saeed; Koppelman, Bastian; Scheytt, Christoph: Wide-Band Frequency Synthesizer with Ultra-Low Phase Noise Using an Optical Clock Source. In: 2020 IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (IMS), Los Angeles, CA, USA, USA, 4. – 6. Aug. 2020, IEEE

Ballandras, Sylvain; Abughannam, Saed; Courjon, Emilie; Scheytt, Christoph: Design and Fabrication of Barker Coded Surface Acoustic Wave (SAW) Correlator at 2.45 GHz for Low-Power Wake-up Receivers. In: GeMiC 2020 – German Microwave Conference, 2020 GeMiC

Haddadian, Sanaz; Scheytt, Christoph: Analysis, Design and Implementation of a Fully Integrated Analog Front-End for Microwave RFIDs at 5.8 GHz to be Used with Compact MIMO Readers. IEEE Journal of Radio Frequency Identification: S. 1-1 2020

Iftexhar, Mohammed; Gudyriev, Sergiy; Scheytt, Christoph: 28 Gbps Bang-Bang CDR for 100G PSM4 with Independently Tunable Proportional and Integral Parameters of the Loop Filter in 0.25  $\mu\text{m}$  Photonic BiCMOS Technology. In: 2020 IEEE 20th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF), San Antonio, TX, USA, USA, 2020, IEEE

Kruse, Stephan; Kress, Christian; Scheytt, Christoph; Kurz, Heiko G.; Schneider, Thomas: Analysis and Simulation of a Wireless Phased Array System with Optical Carrier Distribution and an Optical IQ Return Path. In: GeMiC 2020 – German Microwave Conference, Cottbus, Germany, 9. – 11. Mrz. 2020 VDE

Scheytt, Christoph; Wrana, Dominik; Bahmanian, Meysam; Kallfass, Ingmar: Ultra-Low Phase Noise Frequency Synthesis for THz Communications Using Optoelectronic PLLs. In: International Workshop on mobile THZ Systems (IWMTS), 2. – 3. Jul. 2020 IWMTS

Weizel, Maxim; Kärtner, Franz X.; Witzens, Jeremy; Scheytt, Christoph: Photonic Analog-to-Digital-Converters – Comparison of a MZM-Sampler with an Optically-Assisted Switched-EmitterFollower Sampler. In: 21. ITG-Fachtagung Photonische Netze, Online-Veranstaltung, 24. – 25. Nov. 2020, ITG Informationstechnische Gesells. im VDE, VDE-Verlag

Wu, Liang; Weizel, Maxim; Scheytt, Christoph: Above 60 GHz Bandwidth 10 GS/s Sampling Rate Track-and-Hold Amplifier in 130 nm SiGe BiCMOS Technology. In: 2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), Sevilla, Spain, 10. – 21. Okt. 2020, IEEE

Zazzi, Andrea; Müller, Juliana; Gudyriev, Sergiy; Marin-Palomo, Pablo; Fang, Dengyang; Scheytt, Christoph; Koos, Christian ; Witzens, Jeremy: Fundamental limitations of spectrally-sliced optically enabled data converters arising from MLL timing jitter. Opt. Express, 28, Jun. 2020

Zazzi, Andrea; Müller, Juliana; Gudyriev, Sergiy; Marin-Palomo, Pablo; Fang, Dengyang; Scheytt, Christoph; Koos, Christian ; Witzens, Jeremy: Mode-locked laser timing jitter limitation in optically enabled frequency-sliced ADCs. In: 21. ITG-Fachtagung Photonische Netze, Online-Veranstaltung, 24. – 25. Nov. 2020 ITG Informationstechnische Gesells. im VDE, VDE-Verlag

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**2020 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)**  
16. – 19.11.2020, virtuelle Konferenz

**3rd RISC-V Activities Workshop**  
October 2020, virtuelle Konferenz

**23rd Design, Automation and Test in Europe (DATE)**  
Mai 2020, virtuelle Konferenz

**Summerschool 2020 des DFG-Schwerpunktprogramms „Electronic-Photonic Integration for Ultrafast Signal Processing“ (SPP 2111)**  
03. – 04.09.2020, virtuelle Konferenz

### Weitere Funktionen Prof. Scheytt Additional functions Prof. Scheytt

- Mitglied des Geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Koordinator des DFG-Schwerpunktprogramms „Electronic-Photonic Integration for Ultrafast Signal Processing“ (SPP 2111)
- Vorstandsmitglied im Center for Optoelectronics and Photonics Paderborn (CeOPP)
- Gründungsmitglied im Institut für Photonische Quantensysteme (PhoQS) der Universität Paderborn
- Mitglied im Programmkomitee European Microwave Week (EuMW), Utrecht, Niederlande, Januar 2020
- Mitglied im Programmkomitee IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS), 16. – 19.11.2020, virtuelle Konferenz
- Mitglied im Programmkomitee German Microwave Conference (GeMiC), Cottbus, 09. – 11. März 2020.
- Mitglied in der European Radio and Microwave Interest Group (EURAMIG) der European Microwave Association (EuMA)
- Mitglied im European Photonic Industry Consortium (EPIC)
- Mitglied in Photonic21, European Technology Platform for Photonics
- Gutachter IEEE Journal of Solid-State Circuits, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, IEEE Microwave Components Letters, European Microwave Week, German Microwave Week

### Weitere Funktionen Dr. Müller Additional functions Dr. Müller

- Mitglied im Main Board der European Design and Automation Association (EDAA)
- Sprecher der VDE-VDI-GMM/ITG/GI-Fachgruppe 4 (Beschreibungssprachen und Modellierung von Schaltungen und Systemen) der Kooperationsgemeinschaft Rechnergestützter Schaltungs- und Systementwurf (RSS)
- Mitglied der Special Interest Group Design

Automation (SIGDA) der Association for Computing Machinery (ACM)

- Mitglied im Wissenschaftler-Personalrat der Universität Paderborn
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2020 (virtuell, Mai 2020)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2021 (virtuell, Februar 2021)
- Mitglied im Organisationskomitee des 3rd RISC-V Activities Workshop, virtuell, Oktober 2020
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 23. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2020 (virtuell, April 2020)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 24. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2021 (virtuell, April 2021)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee der International IEEE Conference on Hardware / Software Codesign and System Synthesis (virtuell, Oktober 2020)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee der 10th International Conference on Pervasive and Parallel Computing, Communication and Sensors (virtuell, November 2020)

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### METERACOM – Metrology for Terahertz Communication

Im Zentrum der DFG-Forschungsgruppe METE-RACOM (FOR 2863) steht die Kommunikationstechnik für den weitgehend noch unberührten Terahertz-Frequenzbereich (THz). In diesem Frequenzbereich könnten in Zukunft Terabit pro Sekunde übertragen werden. Jedoch stellen die sehr hohen Frequenzen und Bandbreiten der drahtlosen Kommunikation bei Terahertz-Frequenzen die heutige Kommunikationstechnik vor enorme Herausforderungen. Wesentliche Herausforderungen, die im Projekt bearbeitet werden sollen, sind: Die Erforschung von Messtechnik-Methoden (Metrologie) für drahtlose Kommunikationstechnologie mit THz-Signalen, die Entwicklung und Charakterisierung von neuen Messmitteln und die Rückführbarkeit von THz-Metrologie auf die grundlegenden Maßeinheiten des SI-Systems.

*Projektpartner: TU Braunschweig, Physikalisch-*

*Technische Bundesanstalt, Universität Marburg, Universität Stuttgart, Universität Lübeck, TU Ilmenau, National Physics Laboratory of Great Britain*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: Juni 2019 – Mai 2022*

#### NyPhE – Nyquist Photonic Engine

Das Ziel von NyPhE ist es, einen völlig neuen, zum Patent angemeldeten Ansatz zu untersuchen, der optischen Transceivern auf Basis der Siliziumphotonik mit einer Geschwindigkeit von 400 Gbit/s Datenrate in Siliziumphotonik-Technologie ermöglichen soll. Dazu wird eine Signalübertragung auf Basis von sogenannten Nyquist-Pulsen eingesetzt, die es ermöglicht, mehrere langsame Datenströme in einen physischen Kanal zu einem sehr schnellen Datenstrom zu vereinen. Die Fachgruppe Schaltungstechnik ist für die Implementierung des Transceivers in einer hochmodernen Siliziumphotonik-Technologie verantwortlich.

*Projektpartner: Leoni AG, Sicoya GmbH, TU Braunschweig, TU Dresden*

*Projekträger: VDI Technologiezentrum GmbH*

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*

*Laufzeit: Juli 2018 – Juni 2021*

#### 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.

*Projektpartner: Rhein-Ruhr Universität Bochum*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: Mai 2017 – Juni 2021*

#### 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.

*Projektpartner: Infineon Technologies AG, Abix GmbH, FZI, Microteam, Minima Processor, Robert Bosch GmbH, Schneider Electric, Technische Universität Wien, Tampere University of Technology, Technische Universität München, Visy*

*Projekträger: Projekträger DLR*

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: September 2017 – Dezember 2020*

#### SAFE4I – Sicherer Automatischer Entwurf für Industrieanlagen

SAFE4I entwickelt Automatisierungslösungen zur Erzeugung funktional sicherer Software für Industrie-4.0-Anwendungen in Rahmen des industriellen Internet-der-Dinge. Dabei werden alle Teile der Software betrachtet, die nötig sind, um kundenspezifische Automatisierungslösungen für Industrie-4.0-Anwendungen zu realisieren.

*Projektpartner: Infineon Technologies AG, Bosch Sensor Tec GmbH, COSEDA Technologies GmbH, FZI, HOOD GmbH, Itemis AG, Kapsler & Oswald GmbH, Model Engineering Solution GmbH, OFFIS e.V., Robert Bosch GmbH, Scope-SET Technology GmbH, Technische Universität München, Universität Rostock, Universität Tübingen*

*Projekträger: Projekträger DLR*

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: Oktober 2017 – September 2021*

#### Scale4Edge – Entwicklungsplattform und Ökosystem für skalierbare Spezialprozessoren im Edge-Computing

Scale4Edge erforscht, wie Entwicklungszeit und -kosten anwendungsspezifischer Edge-Prozessoren signifikant reduziert werden können. Solche Prozessoren führen meist mobil und nahe an Sensoren, an der Schnittstelle von der realen zur virtuellen Welt, entscheidende erste Berechnungen aus. Sie müssen deshalb nicht nur besonders zuverlässig, performant und robust, sondern auch energieeffizient arbeiten. Darüber hinaus müssen sie ein hohes Maß an Vertrauenswürdigkeit bieten. Mit der entstehenden skalierbaren und flexibel erweiterbaren Entwicklungsplattform auf Basis des lizenzfreien, quelloffenen RISC-V-Befehlssatzarchitektur können individuelle Prozessoren mit diesen Eigenschaften effizient und kostengünstig entwickelt werden.

*Projektpartner: Infineon Technologies AG, concept engineering GmbH, TU Kaiserslautern, AbsInt Angewandte Informatik GmbH, Robert Bosch GmbH, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, OFFIS e.V., TU München, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, IHP GmbH, MINRES GmbH, TU Dresden, ARQUIMEA Deutschland, SYSGO GmbH, TU Darmstadt, EPOS GmbH, Universität Bremen, FZI Forschungszentrum Informatik*

*Projekträger: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH*

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: April 2020 – März 2023*

#### **PONyDAC – Precise Optical Nyquist Pulse Synthesizer DAC**

Das Ziel des PONyDAC-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von elektronisch-photonischen Digital-Analog-Umsetzern mittels Synthese optischer Nyquistpulse und der Verwendung von optischem Time-Interleaving. Die Nyquistpulsenergie 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 Potential bisheriger State-of-the-Art D/A-Wandler-Lösungen bei weitem zu übertreffen.

*Projektpartner: Technische Universität Braunschweig*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)*

*Laufzeit: Juli 2018 – Juni 2021*

#### **PACE – Photonically Assisted Ultrabroadband Analog-to-Digital-Converter**

Das Ziel des PACE-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von extrem schnellen Analog-Digital-Umsetzern, auf Basis von photonischer und elektronischer Signalverarbeitung. Dabei werden mode-locked Laser als optische Signalquellen eingesetzt und verschiedene Verfahren der Analog-Digital-Wandlung untersucht. Ziel ist es, die elektronisch-photonischen Analog-Digital-Wandler mittels Siliziumphotonik-Technologie erstmalig als Chips zu integrieren und den Stand der Technik von rein elektronischen Analog-Digital-Wandler-Chips damit deutlich zu übertreffen.

*Projektpartner: RWTH Aachen, Karlsruhe Institut*

*für Technologie (KIT), Universität Hamburg*

*Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)*

*Laufzeit: Juli 2018 – Juni 2021*

#### **Aktuelle Industriekooperationen** **Current industry cooperations**

- Abix GmbH, Wien, Österreich
- AbsInt Angewandte Informatik GmbH, Saarbrücken
- advlCo microelectronics GmbH, Recklinghausen
- ADVA Optical Networking SE, Berlin
- AEMtec GmbH, Berlin
- AirRobot GmbH, Arnsberg, Dr. Wolf Wireless GmbH, Berlin
- ARQUIMEA Deutschland GmbH, Frankfurt/O.
- Astyx, GmbH, Ottobrunn
- Volkswagen AG, Wolfsburg,
- Audi AG, Ingolstadt
- Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen
- CIMSOURCE GmbH, Aachen
- COMATEC Oy, Finnland
- concept engineering GmbH, Freiburg
- COSEDA Technologies GmbH, Dresden
- EPOS GmbH, Duisburg
- Fraunhofer IMS, Duisburg
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Karlsruhe
- Hella GmbH & Co. KGaA, Lippstadt
- HOOD GmbH, Oberhaching
- IHP – Leibniz Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt/Oder
- Infineon Technologies AG, München
- Itemis AG, Lünen
- Kasper & Oswald GmbH, Bochum
- Leoni AG, Nürnberg
- Microteam, Tampere, Finnland
- Minima Processor, Tampere, Finnland
- MINRES Technologies GmbH, Neubiberg
- Model Engineering Solution GmbH, Berlin
- Noiseless Imaging Oy, Finnland
- Robert Bosch GmbH, Reutlingen
- ScopeSET Technology Deutschland GmbH
- Sicoya GmbH, Berlin
- SiFive, San Francisco, CA, USA
- SYSGO GmbH, Klein-Winternheim
- Visy Oy, Tampere, Finnland
- Volkswagen AG, Wolfsburg

#### **Wissenschaftliche Kooperationen** **Scientific cooperations**

- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Becker
- Eberhard Karls Universität Tübingen, Prof. Bringmann
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Dr. Viehl
- Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Koos
- National Physics Laboratory, Teddington, UK
- OFFIS e.V., Dr. Grüttner
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
- Ruhruniversität Bochum, Prof. Hofmann
- RWTH Aachen, Prof. Witzens
- Tampere University of Technology, Prof. Hämäläinen
- Technische Universität Berlin, Prof. Zimmermann
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Schneider
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Thomas Kürner
- Technische Universität Darmstadt, Prof. Koch
- Technische Universität Dresden, Prof. Jamshidi
- Technische Universität Dresden, Prof. Meyr
- Technische Universität Kaiserslautern, Prof. Kunz
- Technische Universität München, Prof. Ecker
- Technische Universität München, Prof. Müller-Gritschneider
- Universität Bremen, Dr. Große
- Universität Hamburg / DESY, Prof. Kärtner
- Universität Potsdam, Prof. Krstic
- Universität Rostock, Prof. Haubelt
- Universität Stuttgart, Prof. Kallfass

## Regelungstechnik und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

## Control Engineering and Mechatronics

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

### **Publikationen** **Publications**

Biemelt, Patrick; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Design and Objective Evaluation of Filter- and Optimization-based Motion Cueing Strategies for a Hybrid Kinematics Driving Simulator with 5 Degrees of Freedom. *International Journal On Advances in Systems and Measurements*, 13(3 & 4), Dez. 2020

Biemelt, Patrick; Link, Christopher; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: A Model-Based Online Reference Prediction Strategy for Model Predictive Motion Cueing Algorithms. In: *Proceedings of the 21st IFAC World Congress*, Jul. 2020 IFAC

Biemelt, Patrick; Mertin, Sven; Rüdtenklau, Nico; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Design and Evaluation of a Novel Filter-Based Motion Cueing Strategy for a Hybrid Kinematics Driving Simulator with 5 Degrees of Freedom. In: *Proceedings of the Driving Simulation Conference Europe VR*, S. 85-92, 9. – 11. Sep. 2020, Driving Simulation Association

Mertin, Sven; Malena, Kevin; Link, Christopher; Gausemeier, Sandra; Trächtler, Ansgar: Macroscopic Traffic Flow Control using Consensus Algorithms. In: *The 23rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Band 23, <https://www.ieee-itsc2020.org/>, Sep. 2020 IEEE Intelligent Transportation Systems Society, International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)

Nareyko, Georgi; Biemelt, Patrick; Trächtler, Ansgar: Real-Time Optimized Model Predictive Control of an Active Roll Stabilization System with Actuator Limitations. In: *Proceedings of the 21st IFAC World Congress*, Jul. 2020, IFAC

Rozo Vasquez, Julian; Bahman, Arian; Riepold, Markus; Homberg, Werner; Trächtler, Ansgar; Walther, Frank: Microstructural investigation on phase transformation during flow forming of the metastable austenite AISI 304. In: *54. Metallographie-Tagung*, S. 75 – 81, Sep. 2020 Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM)

Schütz, Stefan; Rüting, Arne Thorsten; Henke, Christian; Trächtler, Ansgar: Echtzeitfähige Planung optimierter Trajektorien für sensorgeführte, kinematisch redundante Mechanismen auf einer Industriesteuerung. In: *Entwurf komplexer Automatisierungssysteme (EKA)*, Mai 2020

### **Promotionen** **PhD Theses**

#### Fabian Bertelsmeier **Produkttolerante Automation zellenbasierter Fertigungssysteme**

Aktuelle Trends in der Fertigungstechnik zeigen eine steigende Individualisierung von Produkten mit hoher Variantenvielfalt. Daraus resultieren sinkende Losgrößen, steigende Auftragszahlen und der zunehmende Bedarf an Daten- und Informationsverarbeitung. Zur Handhabung dieser Komplexität werden modulare, oftmals in Zellen organisierte, flexible und rekonfigurierbare Fertigungssysteme benötigt. Vorteilhaft hierfür sind intelligente Produkte mit skalierbaren Fähigkeiten, die neben ihrer Präsenz als Werkstück zudem als aktives Element innerhalb der Steuerung und Planung des eigenen Fertigungsprozesses integriert sind. Diese Arbeit fokussiert eine anwendungsspezifische Symbiose der Produktintelligenz, der Flexibilität und der Autonomie, welche auf Basis der Topologie von flexiblen zellenbasierten Fertigungssystemen zu einer produkttoleranten Automation führt. Darauf aufbauend erfolgt erstmals die Entwicklung und Validierung einer produkttoleranten Steuer- und Regelung und die Spezifikation einer Strategie zur informationstechnischen Integration der Produktintelligenz in die dezentrale Automatisierung. Neben der gestiegenen dezentralen produkttoleranten Autonomie spielt die flexible Planung der zellenbasierten Fertigung bei kleinen Losgrößen und hoher Variantenvielfalt zusätzlich eine entscheidende Rolle. Basierend auf dem Highest Response Ratio Next Schedulingverfahren für Prozessoren, wird ein neuartiges zweistufiges flexibles Planungsverfahren für zellenbasierte Fertigungssysteme entwickelt. Abschließend erfolgt eine ganzheitliche produkttolerante Konzeptionierung einer hochflexiblen Kerzenfertigung, deren Systemverhalten partiell in einem realen Prüfstand zur Wachsabfüllung untersucht wird. Zudem werden Simulationsstudien zur Analyse und Validierung der dynamischen Fertigungsplanung des neu entwickelten Schedulingverfahrens und drei weiteren Planungsmethoden durchgeführt.

Matthias Lochbichler  
**Systematische Wahl einer Modellierungstiefe im Entwurfsprozess mechatronischer Systeme**  
Ein zentraler Bestandteil moderner Entwicklungsmethodiken für mechatronische Systeme ist ein durchgängiger modellbasierter Entwurf.

Modelle werden im gesamten Entwurfsprozess eingesetzt. Die Schwierigkeit besteht in der teilweise sehr aufwändigen Modellerstellung. Aufbau und Art der Modellierung sind nicht formal beschrieben und daher sehr stark vom Ersteller des Modells abhängig. Eine große Herausforderung stellt hier die Wahl einer geeigneten Modellierungstiefe dar, damit ein Modell die geforderten Modellierungsziele effizient erfüllt. In dieser Arbeit wird eine neuartige Methode zur systematischen Wahl einer Modellierungstiefe im Entwurfsprozess mechatronischer Systeme vorgestellt. Die Methode leistet einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung des Entwurfsprozesses mechatronischer Systeme und unterstützt den Entwickler bei der Wahl der Modellierungstiefe in den entscheidenden Entwurfsphasen. Zur Identifikation dieser Entwurfsphasen wird eine Methodik für den Entwurfsprozess mechatronischer Systeme erarbeitet. Anhand der Entwurfsmethodik wird die Methode zur Wahl der Modellierungstiefe an den erforderlichen Stellen im Entwurfsprozess integriert. Am Beispiel eines Geldautomaten werden sowohl die Entwurfsmethodik für mechatronische Systeme als auch die Methode zur Wahl der Modellierungstiefe angewendet.

Alexander Gense

#### **Mechatronischer Entwurf eines geregelten Federungssystems für mittelschwere gepanzerte Kettenfahrzeuge**

Mechatronische Systeme sind seit langem ein nicht mehr wegzudenkender Bestandteil unseres gemeinsamen Alltags. Regelbare Fahrzeugfederungssysteme gehören schon fast zur Serienausstattung bei vielen Automobilherstellern. Auch in wehrtechnischen Anwendungen halten solche Systeme zunehmend Einzug. Aufgrund spezifischer Anforderungen in der Wehrtechnik ergeben sich in diesem Kontext besondere Herausforderungen beim Entwurf solcher Systeme. Eine hohe Wärmeentwicklung der Fahrwerkkomponenten und hoher Energiebedarf für die Aktorik sind die Hauptprobleme bei der Integration regelbarer Fahrwerkelemente in schwere militärische Fahrzeuge. In der vorliegenden Arbeit wird der Entwurf eines mechatronischen Fahrzeugfederungssystems für ein mittelschweres gepanzertes Kettenfahrzeug beschrieben. Der Fokus liegt dabei auf der methodenbasierten Ermittlung der Potentiale durch die Kombination von aktiven und semi-aktiven Kraftstellern sowie konventionellen Feder-Dämpfer-Elementen in einem Fahrwerkssystem im Hinblick auf die Energieeffizienz des

Gesamtsystems und die Wärmeentwicklung der einzelnen Baugruppen im Kettenlaufwerk. Im Rahmen der modellbasierten Untersuchungen werden mehrere Varianten der möglichen Fahrwerkkonfiguration erarbeitet und analysiert. In einer Nutzwertanalyse wird eine Variante ermittelt, die alle gestellten Anforderungen hinreichend erfüllt. Darüber hinaus werden testbasierte Funktionsnachweise der Teilsysteme beschrieben, sowie Vorschläge zur Optimierung der geeigneten Aktorbaugruppen erarbeitet und mit Hilfe von prüfstands-basierten Untersuchungen verifiziert. Ferner wird als Abgrenzung zum HiL-Test ein Begriff MechIL eingeführt und erläutert. Im Rahmen des vorgestellten Verfahrens werden eine Systematisierung der Testphasen und eine entsprechende Hierarchisierung der Testfälle definiert und erläutert. Als Ergebnis der testbasierten Funktionsnachweise werden Empfehlungen zur gezielten Reduktion der Wärmeentwicklung für betroffene Systemkomponenten abgeleitet.

Andreas Kohlstedt

#### **Modellbasierte Synthese einer hybriden Kraft-/Positionsregelung für einen Fahrzeugachsprüfstand mit hydraulischem Hexapod**

In dieser Arbeit wird der Entwurf einer hybriden Kraft-/Positionsregelung für einen hydraulischen Hexapod durchgeführt, der als Anregungseinheit in einem PKW-Achsprüfstand dient. Während bei konventionellen Anlagen die iterativ lernende Regelung (ILR) eingesetzt wird, um unter hohem Zeitaufwand die Stellsignale der Antriebe zu bilden, besteht das Alleinstellungsmerkmal der vorliegenden Synthese in der Verwendung echtzeitfähiger Regelungsalgorithmen. Das ermöglicht auch Hardware-in-the-Loop-Anwendungen. Der Stand von Technik und Forschung zeigt, dass Regelungsansätze für anspruchsvolle Aufgaben die Bewegungsgleichungen von Manipulator und Kontaktpartner einbeziehen. In der Arbeit werden daher die Bewegungsgleichungen des Hexapod und des Prüflings, einer MacPherson-Radaufhängung, hergeleitet. Dabei geht die Modellierungstiefe der Radaufhängung weit über den Stand von Technik und Forschung hinaus. Mithilfe der Modelle wird eine aus der Literatur bekannte Regelung, die allgemeingültig weiterentwickelt wird, sowie eine Regelung nach der exakten Ein-/Ausgangslinearisation für den Hexapod entworfen. Der zweitgenannte Ansatz erweist sich für den vorliegenden Anwendungsfall als prädestiniert. Die hohe Leistungsfähigkeit beider Regelungen und

deren Eignung für Betriebsfestigkeitsversuche wird anhand von Computersimulationen nachgewiesen. Für die Erprobung am Prüfstand fehlte vereinzelt Sensorik, vor allem aber ein hochwertiger Parametersatz für den Prüfling seitens des Herstellers. Nicht zuletzt deshalb werden in der Arbeit weitere Regelungsansätze beschrieben, die weniger Modellwissen erfordern. Für einen dieser Ansätze enthält die Arbeit auch Messergebnisse vom Prüfstand. Es zeigt sich, dass die mit diesem Regler erzielten Ergebnisse bisher dokumentierte echtzeitfähige Regelungen deutlich übertreffen. Betriebsfestigkeitsprüfungen mit besonders hohen Dynamikanforderungen werden durch eine ebenfalls beschriebene ILR ermöglicht.  
(geplant Dezember 2020)

#### **Weitere Funktionen Additional functions**

- Leiter Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM
- Mitglied von acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Kuratoriumsmitglied Fraunhofer IPT
- Wissenschaftlicher Beirat des IMMS
- Vorstand des I-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 (DFG)*

*Laufzeit: 2017–2020*

##### **Smart Headlamp Technology (SHT)**

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines optimierten, ressourceneffizienten und vernetzten Entwicklungsprozesses für dynamische Scheinwerfersysteme. Dazu werden in dem Projekt hochdynamische Prüfstände entwickelt und realisiert, welche mittels Hardware-in-the-Loop-Simulationen und einem Fahrsimulator erlauben, lichttechnische Funktionen eines Scheinwerfers in den ersten Stadien der Produktentwicklung zu bewerten, ohne dass ein Prototyp vorliegen muss.

*Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung*

*Laufzeit: 2017–2020*

##### **Optimalsteuerung für ein Mehrfachpendelsystem**

Das unteraktivierte, nicht lineare Mehrfachpendelsystem dient zur Entwicklung und Analyse fortschrittlicher Steuer- und Regelstrategien. Es kann mit zwei oder auch drei Pendelarmen betrieben werden. Für das chaotische Pendelsystem können optimale Trajektorien zwischen verschiedenen Ruhelagen berechnet werden. Dabei können verschiedene Ziele, wie z. B. Energieverbrauch und Manöverzeit, berücksichtigt werden.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

##### **Modellierung und Ansteuerung eines Demonstrators für dynamische Transportaufgaben**

Ziel ist die Entwicklung eines Demonstrators für flexible dynamische Transportaufgaben mit „On-the-fly“-Produktübergaben zwischen verschiedenen Transportsystemen. Dabei sollen die Produkte mithilfe einer dezentralen Ansteuerung, die in Abhängigkeit von den Produktinformationen für jedes Teilsystem automatisch synchronisierte Ansteuerungstrajektorien berechnet, in kürzester Zeit zu den vorgesehenen Bearbeitungsstationen befördert werden.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

##### **Maschinelles Lernen in der Regelungstechnik**

Die Regelung mechatronischer Systeme basiert im klassischen Sinne maßgeblich auf einem genauen Systemverständnis und damit auf einem exakten physikalischen Modell des Systems. In Forschungsarbeiten wird aktuell untersucht, inwieweit diese Systematik auch durch Lernverfahren aus dem Bereich des „Machine Learning“ geleistet werden kann, sodass die klassische Modellierung unterstützt wird oder gegebenenfalls ganz entfällt. Die grundlegen-

den Voraussetzungen für ein solches Vorgehen sind im Hinblick auf mechatronische Systeme gegeben, da im Allgemeinen zahlreiche Sensordaten über den Systemzustand vorliegen. Es bleibt jedoch zu untersuchen, ob aus diesen Datenmengen das zugrunde liegende dynamische Verhalten extrahiert und anschließend vorhergesagt werden kann.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

#### **Dynamische Kraftregelung zur harmonischen Anregung nichtlinearer Teststrukturen**

Im technischen Bereich gewinnt das Verständnis der dynamischen Eigenschaften von Bauteilen durch die zunehmende Verbreitung von Leichtbau immer mehr an Bedeutung. Moderne Strukturen weisen durch neue Materialien und effizientere Konstruktionen einen immer höheren Grad an nichtlinearem Verhalten auf. Um diese Effekte gezielt analysieren zu können, ist eine monofrequente Anregung der Teststrukturen mittels eines harmonischen Kraftsignals notwendig. Das Ziel ist, auf diese Weise die Effizienz sowie die Güte von Bauteiltests zu steigern.

*Förderinstitution: Internes Projekt*

#### **SensoBack – Entwicklung eines Leitstandsystems mit Cloud-Anbindung für die Kleingebäckproduktion**

Ziel des Projekts ist es, die Ressourcenverluste bei der industriellen Kleingebäckproduktion bei gleichzeitiger Optimierung der Produktqualität zu reduzieren. Dazu wird ein intelligentes Sensorsystem für die Produktionsanlage entwickelt, sodass an mehreren Stellen im Herstellungsprozess die Qualitätsvorgaben hinsichtlich Gewicht, Form, Aussehen und Hygienestatus erfasst werden. Mithilfe der gewonnenen Messdaten soll anschließend eine Prozesssteuerung ausgelegt werden, welche die Prozessparameter geeignet an die wechselnden Zutateneigenschaften und Umgebungsbedingungen anpasst. Diese intelligente Produktionsanlage wird zudem mit den Kassensystemen der Bäckereifilialen durch einen „Cloudbasierten virtuellen Backmeister“ vernetzt, um die Brutto-Bedarfsmenge präziser einschätzen zu können und somit Überproduktionen zu verringern.

*Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung*

*Laufzeit: 2019 – 2022*

#### **Pilotprojekt Schlosskreuzung**

Das Projekt verfolgt die Optimierung des Verkehrsflusses zur Senkung der Emissionen

und Wartezeiten aller Verkehrsteilnehmer im Testgebiet Schlosskreuzung und Residenzstraße in Schloss Neuhaus. Dazu werden die Verkehrswege im Testgebiet und sämtliche Einflussfaktoren, wie das Straßennetz selbst, vorhandene Lichtsignalanlagen sowie deren Steuerungsprogramme und Sensoren mithilfe einer Verkehrssimulationssoftware abgebildet. Auf Basis dieses Modells und den daraus generierten Informationen sollen adaptive und optimale Steuerungsalgorithmen erarbeitet werden, die den Verkehrsfluss im Testgebiet nachhaltig verstetigen. Das Vorhaben versteht sich dabei selbst als Pilotprojekt, da die entwickelten Lösungsansätze auf vergleichbare Situationen andernorts übertragen werden können. Somit profitieren auch weitere Stadtgebiete Paderborns und andere Kommunen von den erzielten Ergebnissen.

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

*Laufzeit: 2019 – 2022*

#### **Entwicklung hochdynamischer Prüfzylinder für Prüfstände (HoPPs)**

Im Rahmen des Vorhabens soll ein neuartiger hydraulischer Prüfzylinder mit selbsteinstellender Regelung entwickelt werden. Dabei liegt der Fokus auf der Dynamik des Zylinders, um einen Einsatz als Belastungseinheit in Lebensdauerprüfständen zu ermöglichen. Konventionelle Hydraulikzylinder besitzen hierfür eine zu geringe Bandbreite bzgl. der Wegregelung, weshalb die Referenzlasten mithilfe von iterativen Lernverfahren eingestellt werden müssen. Dieses Vorgehen ist jedoch zeit- und kostenintensiv, darüber hinaus kann eine Vorschädigung bzw. Zerstörung des Prüfkörpers nicht ausgeschlossen werden. Daher besteht ein weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf nach geregelten Prüfzylindern, die die Dynamik- und Genauigkeitsanforderungen moderner Prüfsysteme erfüllen können.

*Förderinstitution: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand*

*Laufzeit: 2020 – 2022*

#### **Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik (DART)**

Ziel der Nachwuchsgruppe „Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik“ ist es, die synergetische Kombination modell- und datengetriebener Verfahren für regelungstechnische Aufgaben zu erforschen. Dazu werden modellgetriebene Verfahren mit maschinellem

Lernen kombiniert, um hybride Methoden zu erhalten und die größtmögliche Performanz beim Regelungsentwurf zu erzielen. Die so entwickelten hybriden Entwurfsmethoden sollen an verschiedenen Demonstratoren zusammengeführt und evaluiert werden. Eine industrielle Verwertung der Ergebnisse ist ebenso durch den Wissenstransfer in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM geplant.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: 2020 – 2024*

## Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Philosophy of Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Publikationen

#### Publications

- Corall, N.: "Reformation und Regierungskunst - Wahrheit als Grundlage normalisierender Macht bei Nietzsche und Foucault", in: Nietzsche und die Reformation (Nietzsche Lektüren Bd. 4), hg. von Helmut Heit und Andreas Urs Sommer, De Gruyter Verlag: Berlin/New York 2020, S. 289–306.
- Corall, N.: "Heute Nietzsche?". Blogbeitrag vom 28.4.2020 bei Praefaktisch.at
- Corall, N.: „Voluntary Submission and the Politics of Truth’: Nietzsche and Foucault on the Danger of the Fully Normalised ‘Last Human’”, in: Nietzsche and the Politics of Difference, hg. von Andrea Rehberg und Ashley Woodward, De Gruyter Verlag: Berlin/New York, im Erscheinen.
- Ficara, E. (2020): The Form of Truth. Hegel’s Philosophical Logic. Berlin New York: De Gruyter.
- Ficara, E. (2020): Truth and Incompatibility. In: Bouché, Gilles (Ed.), Reading Brandom. On A Spirit of Trust. London: Routledge, 29–40.
- Ficara, E., F. D’Agostini (2020): The Blushing Liar. In: *Philosophia* 21/2, 252–266.
- Ficara, E. (2020): Was ist die transzendente Deduktion der Kategorien?. In: R. Schäfer (Hg.), Die Kategoriendeduktion in der Klassischen Deutschen Philosophie, Berlin: Duncker & Humblot, 17–28.
- Ficara, E. (im Erscheinen): ‘Transcendental’ in Kant and Fichte. A Conceptual Shift and its Philosophical Meaning, In: *Fichte Studien*.
- Ficara, E. (2020): Lebanidze, Giorgi, Hegel’s Transcendental Ontology, New York 2019. In: *Journal of the History of Philosophy*, 825–826.
- Milkov, N.: Early Analytic Philosophy and the German Philosophical Tradition, London: Bloomsbury Academic, 2020. ISBN 9781350086432
- Milkov, N.: “Russell’s Conception of Propositional Attitudes in Relation to Pragmatism,” An Anthology of Philosophical Studies, vol. 14. (2020), 117–28.
- Milkov, N.: “Introduction to Bertrand Russell’s ‘Conspectus of J. E. McTaggart’s Lectures on Hermann Lotze (Jan–Feb. 1898)’”, Russell, vol. 40:1 (2020), pp. 53–6.
- Milkov, N.: “Frege, Gottlob (1848–1925)”, Bloomsbury Encyclopedia of Philosophers, London, 2020. (10.5040/9781350994997.0008)
- Milkov, N.: “Stumpf, Carl (1848–1936)”, Bloomsbury Encyclopedia of Philosophers, London, 2020. (DOI: 10.5040/9781350994997.0009)
- Milkov, N.: “Wittgenstein’s Ways”, in: Shyam Wuppuluri and Newton da Costa (eds.), Wittgensteinian (adj.): Looking at sciences from the viewpoint of Wittgenstein’s philosophy, Berlin: Springer, 2020, pp. 7–19.
- Milkov, N.: “Essay in Formal Biology”, in: Shyam Wuppuluri and Newton da Costa (eds.), Wittgensteinian (adj.), Looking at sciences from the viewpoint of Wittgenstein’s philosophy, Berlin: Springer, 2020, pp. 437–86.
- Milkov, N.: “Aesthetic Gestures: Elements of a Philosophy of Art in Frege and Wittgenstein”, in: Shyam Wuppuluri and Newton da Costa (ed.), Wittgensteinian (adj.): Looking at sciences from the viewpoint of Wittgenstein’s philosophy, Berlin: Springer, 2020, pp. 505–18.
- Milkov, N.: “The Composition of Wittgenstein’s Tractatus: Interpretative Study”, in: K. Lozev and M. Bakalova (eds.), 130 Years Ludwig Wittgenstein, Blagoevgrad: Bon, 2020, pp. 67–87.
- Peckhaus, V.: „Logik im Logischen Empirismus“, in: Der Wiener Kreis – Aktualität in Wissenschaft, Literatur, Architektur und Kunst, hg. v. Ulrich Arnsward, Friedrich Stadler, Peter Weibel, LIT Verlag: Berlin u.a. 2019 (Emigration – Exil – Kontinuität; 17), 115–129.
- Peckhaus, V.: „Logik“, in: Gottfried Wilhelm Leibniz. Rezeption, Forschung, Ausblick, hg. v. Friedrich Beiderbeck, Wenchao Li und Stephan Waldhoff, Steiner Verlag: Stuttgart 2020, 537–547.
- Peckhaus, V.: Rezension von Kurt Gödel, Collected Works, Vol. IV: Correspondence A–G, Vol. V: Correspondence H–Z, ed. by Solomon Feferman et al. Oxford: Clarendon Press 2003, in: *Historia Mathematica* 50 (2020), 87–90.
- Peckhaus, V.: Rezension von Brendan Dooley (Editor), The Continued Exercise of Reason. Public Addresses by George Boole, Cambridge, Mass./London: MIT Press 2018, in: *Isis* 111 (2018), 682–683.
- Peckhaus, V.: Rezension von Robin Wilson and Amirouche Moktefi (eds.), The Mathematical World of Charles L. Dodgson (Lewis Carroll), Oxford University Press: Oxford 2019, in: *British Journal for the History of Mathematics* 35 (2020), 175–177.
- Peckhaus, V.: Grußwort, in: Verleihung der Ehrendoktorwürde an Maria von Welser durch die Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn am 14. November 2019, Paderborn 2020 (Paderborner Universitätsreden; 155), 3–4.
- Peckhaus, V.: 6 Rezensionen für Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete
- Peckhaus, V.: 3 Rezensionen für Mathematical Reviews
- Reichenberger, A. (2020): “Du Châtelet and Newton,” in: D. Jalobeanu and C. T. Wolfe, eds.: *Encyclopedia of Modern Philosophy and Science*. Springer: Cham 2020. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-20791-9\\_26-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-20791-9_26-1).
- Reichenberger, A. (2020): „Epidemien und ihre Folgen. Aus der Geschichte lernen.“ *Mitteilungen des Vereins für die Geschichte Berlins* 116/3, 66–69.
- Reichenberger, A. (2020): Rezension von Crull, Elise, Bacciagaluppi, Guido (eds.): Grete Hermann. Between Physics and Philosophy; Kay, Hermann (ed.): Grete Henry-Hermann: Philosophie – Mathematik – Quantenmechanik. *Mathematical Intelligencer* 42, 80–82. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00283-020-09978-w>
- Reichenberger, A. (2020): “Discovering Philosophy behind Logic and Mathematics: Lessons from Róza Péter’s ‘Playing with Infinity,’” in: J. Peijnenburg and S. Verhaegh, eds.: *Women in the History of Analytic Philosophy*. Cham: Springer. (im Erscheinen)
- Reichenberger, A. (2020): “Diversifying History and Philosophy of Physics: How to Integrate Women into Teaching Practices.” In: G. Vlahakis, ed.: *Women in the History of Science*,

Philosophy and Literature. Cham: Springer. (im Erscheinen)

Reichenberger, A. (2020): "The Forgotten Legacy: Women's Contributions on Frege in the Early 20th Century." In: B. Sriraman, ed.: Handbook of the History and Philosophy of Mathematical Practice. Springer. (im Erscheinen)

Reichenberger, A. : "What Place for the A Priori? Poincaré's Conventionalism in the Light of Hitherto Unknown Criticism." In: B. Sriraman, ed.: Handbook of the History and Philosophy of Mathematical Practice. Springer. (im Erscheinen)

Reichenberger, A. : "On Space and Time. From Émilie Du Châtelet to Immanuel Kant." In: A-L. Rey, ed.: L'épistémologie et à la philosophie des sciences d'Emilie du Châtelet. Sonderausgabe von Revue d'histoire des sciences. (im Erscheinen)

Reichenberger, A. (2020): "Grete Hermann zu Raum und Zeit in der Relativitätstheorie und Quantenmechanik." In: K. Herrmann und B. Schwitzer, Hgg.: Kantisches Denken in der Tradition von Jakob Friedrich Fries und Leonard Nelson im 20. Jahrhundert: Wirkungen und Aktualität. Stuttgart: Springer-Verlag GmbH J.B. Metzler. (im Erscheinen)

Reichenberger, A. (2020): "Zwei Fundstücke zu Henri Poincaré." In: R. Krömer und G. Nickel, Hgg.: Siegener Beiträge zur Geschichte und Philosophie der Mathematik, Bd. 13. Siegen: Universitätsverl. Siegen. (im Erscheinen)

### Weitere Funktionen Additional functions

- Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Dekan der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn (Wiederwahl 2019)
- Mitglied des Senats der Universität Paderborn
- Mitglied des Vorstands des NRW-Fortschrittskollegs „Leicht – Effizient – Mobil“
- Mitglied der Interakademischen Leibniz-Kommission (Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften)
- Editor-in-Chief der Zeitschrift History and

### Philosophy of Logic

- Mitglied des Editorial Boards der Zeitschrift The Review of Modern Logic
- Mitglied des Editorial Boards der Zeitschrift Historia Mathematica
- Mitglied des Comité Scientifique der Zeitschrift Philosophia Scientiae
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Zeitschrift Philosophisches Jahrbuch der Görres-Gesellschaft
- Mitglied des Editorial Boards der Buchreihe History of Analytic Philosophy
- Mitglied des Scientific Committees der Zeitschrift Aporía. Revista internacional de investigaciones filosóficas
- Mitglied des Advisory Boards der Buchreihe Portraits of Contemporary Philosophy

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

- Mitwirkung im Editionsprojekt Oskar Becker, gefördert durch die DFG
- Mitwirkung an der Neuauflage der Logik von Immanuel Kant (Akademieausgabe)
- Mitherausgeber von David Hilbert/Paul Bernays, Grundlagen der Mathematik
- Herausgabe der Werke von Paul Bernays (Mitwirkung)
- Phänomen und Konstrukt. Oskar Beckers Philosophie der Mathematik (Eigenprojekt Ronny Becker)

## So finden Sie uns

## How to find us

### Anreise mit dem Auto

Verlassen Sie die Autobahn A33 an der Ausfahrt Paderborn-Elsen. Biegen Sie auf die Bundesstraße B1 und folgen der Beschilderung nach Bad Lippspringe/Detmold. Nach 1,5 km fahren Sie an der Ausfahrt Paderborn/Schloss-Neuhaus von der B1 ab. An der Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) fahren Sie geradeaus auf den Heinz-Nixdorf-Ring und biegen an der nächsten Ampelkreuzung (Heinz-Nixdorf-Ring, Fürstenallee) links in die Fürstenallee. Das Heinz Nixdorf Institut liegt nach 300 m auf der rechten Seite.

### Travelling by car

From the A33 take the exit Paderborn-Elsen. Turn onto main road B1 towards Bad Lippspringe/Detmold. After 1.5 km leave B1 at the exit Paderborn/ Schloss Neuhaus. Continue straight ahead at the traffic lights (Heinz-Nixdorf-Ring, Dubelohstraße) onto the Heinz-Nixdorf-Ring and turn left at the next set of lights (Heinz-Nixdorf-Ring, Fürstenallee) onto Fürstenallee. The Heinz Nixdorf Institute is 300 m along this street on the right-hand side.

### Anreise mit dem Flugzeug

Vom Flughafen Paderborn/Lippstadt nehmen Sie ein Taxi (25 Minuten, ca. 35 Euro) oder die Buslinie 400/460 in Richtung Paderborn HBF. Vom Hauptbahnhof fahren Sie mit der Linie 11 in Richtung Thuner Siedlung bis zur Haltestelle MuseumsForum (Gesamtfahrzeit ca. 50 Minuten).

### Travelling by air

From Paderborn/Lippstadt airport take a taxi (25 minutes, approx. 35 Euro) or take bus No. 400/460 towards Paderborn main station. From the main station take bus No. 11 towards Thuner Siedlung and get off at the MuseumsForum stop (total journey time approx. 50 minutes).

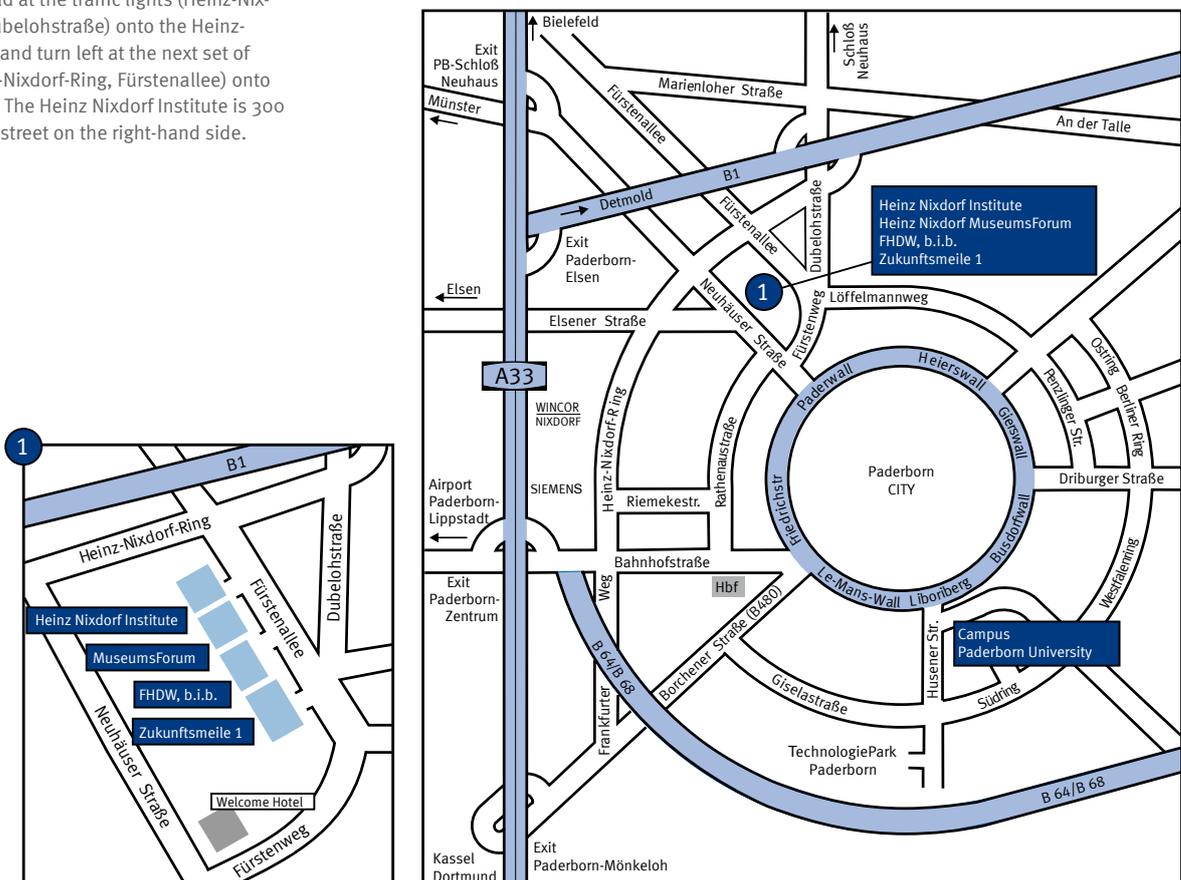
### Anreise mit der Bahn

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. Christoph Scheytt (Vorstandsvorsitzender)

### Redaktion & Koordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Telefon: +49 5251 | 60 62 13  
Anna Steinig, M.A.  
Telefon: +49 5251 | 60 62 09  
E-Mail: redaktion@hni.upb.de

### Kontakt

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Telefon: +49 5251 | 60 62 11

### Auflage

600 Exemplare

### Realisierung und Herstellung

Franziska Reichelt, Anna Steinig

### Bildnachweise

Cover: 5. Reihe 2. Bild © Universität Paderborn, Besim Mazhiqi  
Seiten 12/13: © Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Seiten 12/13 und 42 – 44: © AdobeStock/Gorodenkoff  
Seiten 20/21: © it's OWL  
Seiten 24/25: © Universität Paderborn, Besim Mazhiqi  
Seiten 38/39, 40/41 und 67: © Fraunhofer IEM  
Seite 45: © Benteler  
Seiten 46 – 48: © it's OWL  
Seite 49: © Fraunhofer IOSB-INA  
Seiten 62/63: © iStock/LuckyStep48  
Seite 69: © Kerstin Sellerberg/SICP  
Seiten 74/75: © AdobeStock/panuwat  
Seite 83: © AdobeStock/elenabsl  
Seiten 86/87: © Adobe stock/Buffaloboy  
Seite 90, 91 und 93: © Universität Paderborn, Besim Mazhiqi  
Seite 94: © G3 Werbung  
Seiten 89/99: © Michael Adamski  
Seiten 110/111: © AdobeStock/ktsdesign  
Seiten 136/137: © AdobeStock/Tryfonov  
Seiten 148/149: © iStock/IGphotography  
Seiten 168/169: © AdobeStock/Blue Planet Studio

### Druck

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15  
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

### Berichtszeitraum

1. Januar bis 31. Dezember 2020

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. Christoph Scheytt (President)

### Editor & coordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Phone: +49 5251 | 60 62 13  
Anna Steinig, M.A.  
Phone: +49 5251 | 60 62 09  
E-mail: redaktion@hni.upb.de

### Contact

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institute  
Paderborn University  
Fuerstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49 5251 | 60 62 11

### Circulation

600 Copies

### Realisation and production

Franziska Reichelt, Anna Steinig

### Picture credits

Cover: 5th row 2nd picture © Paderborn University, Besim Mazhiqi  
Pages 12/13: © Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey Nivens, Maksim Kabakou  
Pages 12/13 and 42 – 44: © AdobeStock/Gorodenkoff  
Pages 20/21: © it's OWL  
Pages 24/25: © Paderborn University, Besim Mazhiqi  
Pages 38/39, 40/41 and 67: © Fraunhofer IEM  
Page 45: © Benteler  
Pages 46 – 48: © it's OWL  
Page 49: © Fraunhofer IOSB-INA  
Pages 62/63: © iStock/LuckyStep48  
Page 69: © Kerstin Sellerberg/SICP  
Pages 74/75: © AdobeStock/panuwat  
Page 83: © AdobeStock/elenabsl  
Pages 86/87: © Adobe stock/Buffaloboy  
Page 90, 91 and 93: © Paderborn University, Besim Mazhiqi  
Page 94: © G3 Werbung  
Pages 89/99: © Michael Adamski  
Pages 110/111: © AdobeStock/ktsdesign  
Pages 136/137: © AdobeStock/Tryfonov  
Pages 148/149: © iStock/IGphotography  
Pages 168/169: © AdobeStock/Blue Planet Studio

### Printed by

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15  
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

### Period of review:

1 January until 31 December 2020

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

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

Fuerstenallee 11  
33102 Paderborn  
Phone: +49 5251 | 60 62 11  
E-mail: [hni@hni.upb.de](mailto:hni@hni.upb.de)

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