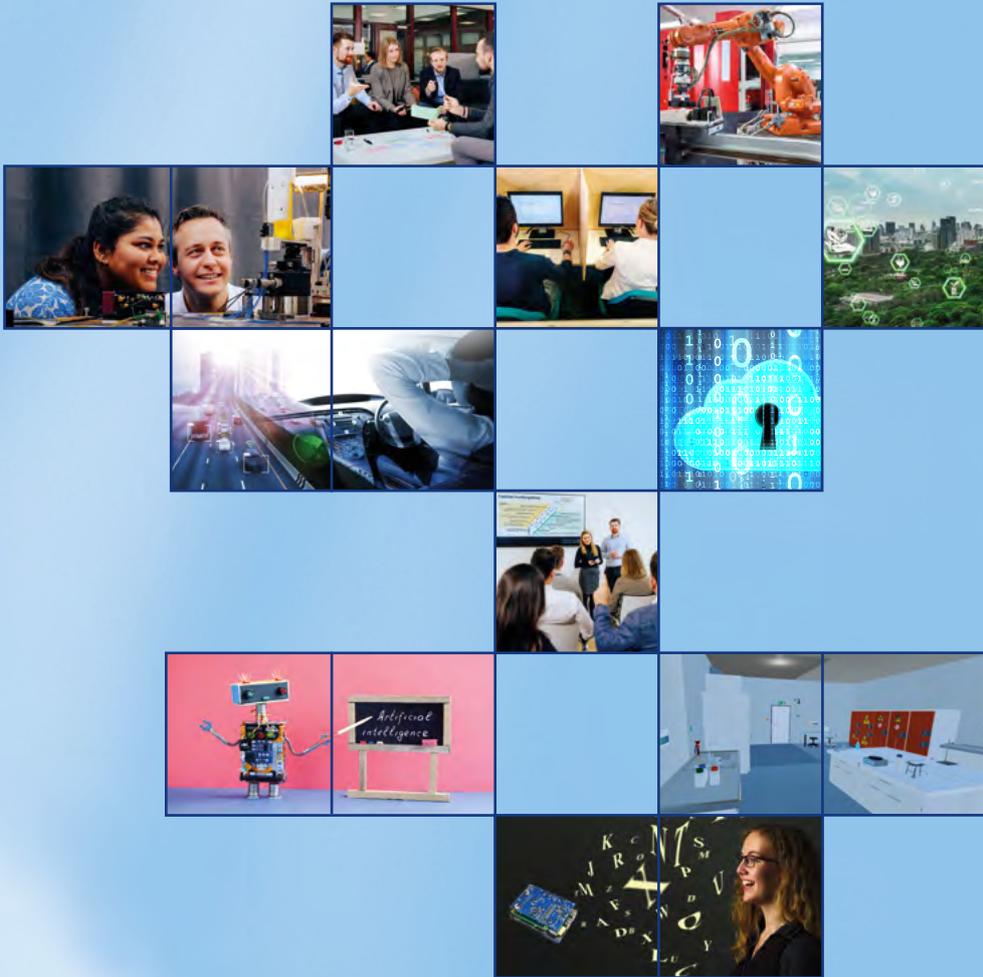


# HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



### **Mitglieder des Vorstands**

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

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

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

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

\* Mitglieder im geschäftsführenden Vorstand

\* Members of Executive Board

#### **Assoziiertes Mitglied:**

##### **Associated Member:**

Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

#### **Juniorprofessur:**

##### **Junior professorship:**

Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy

#### **BMBF Nachwuchsgruppe:**

##### **BMBF Junior Research Group:**

Dr.-Ing. Julia Timmermann

#### **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:**

Christian Oleff, M.Sc.  
Anja Rasor, M.Sc.

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

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

Michaela Wiemers

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

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

Theresa Scheutzow

### **Mitglieder des Kuratoriums**

#### **Members of curatorship**

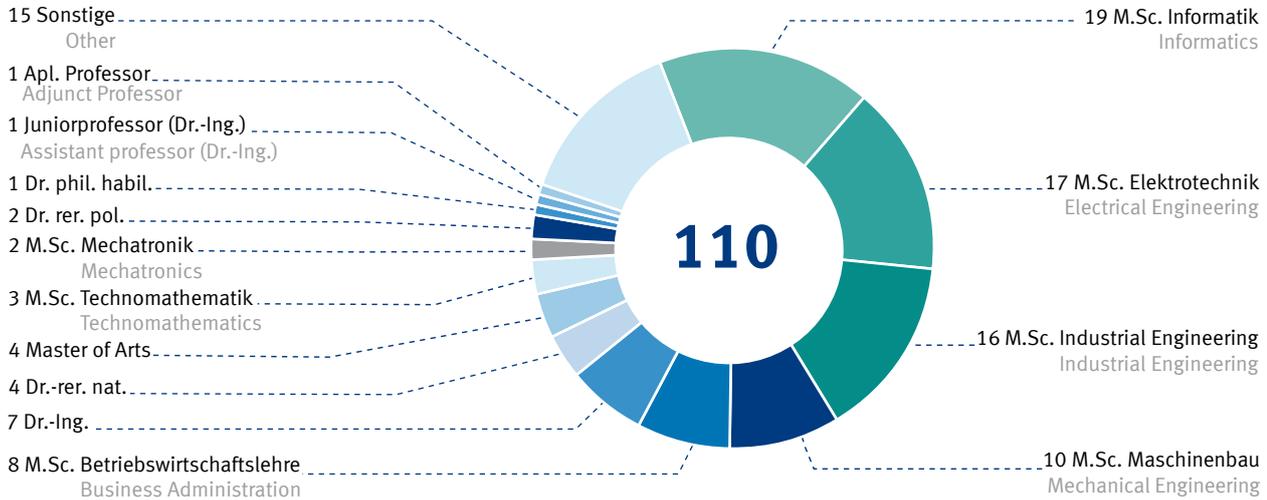
Michael Dreier, Bürgermeister der Stadt Paderborn  
Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer, FAU Erlangen-Nürnberg  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau, Universität Potsdam  
Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Prof. Dr. Jan Lunze, Ruhr-Universität Bochum  
Dr. Horst Nasko, stv. Vorsitzender der Stiftung Westfalen  
Prof. Dr. Birgitt Riegraf, Präsidentin der Universität Paderborn  
Dr. Eduard Sailer  
Prof. Dr. Martina Angela Sasse, Ruhr-Universität Bochum

## Das Institut in Zahlen

### Instituts statistics

#### Akademisches Profil des interdisziplinären Instituts

#### Academic profile of the interdisciplinary institute

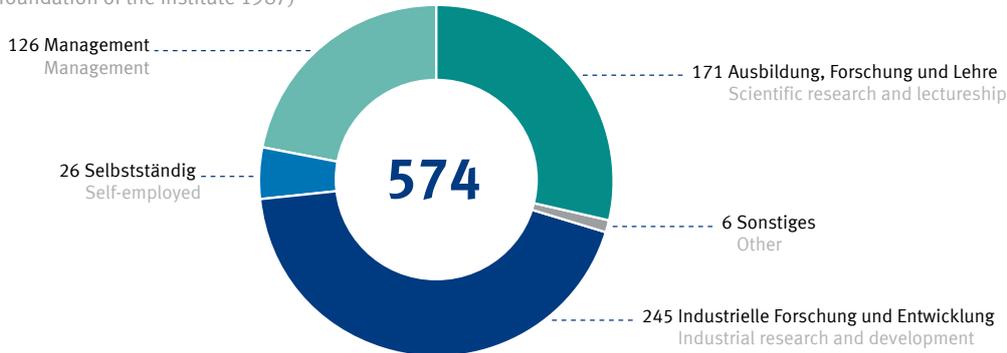


#### Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

#### Activities of employees with PhD

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

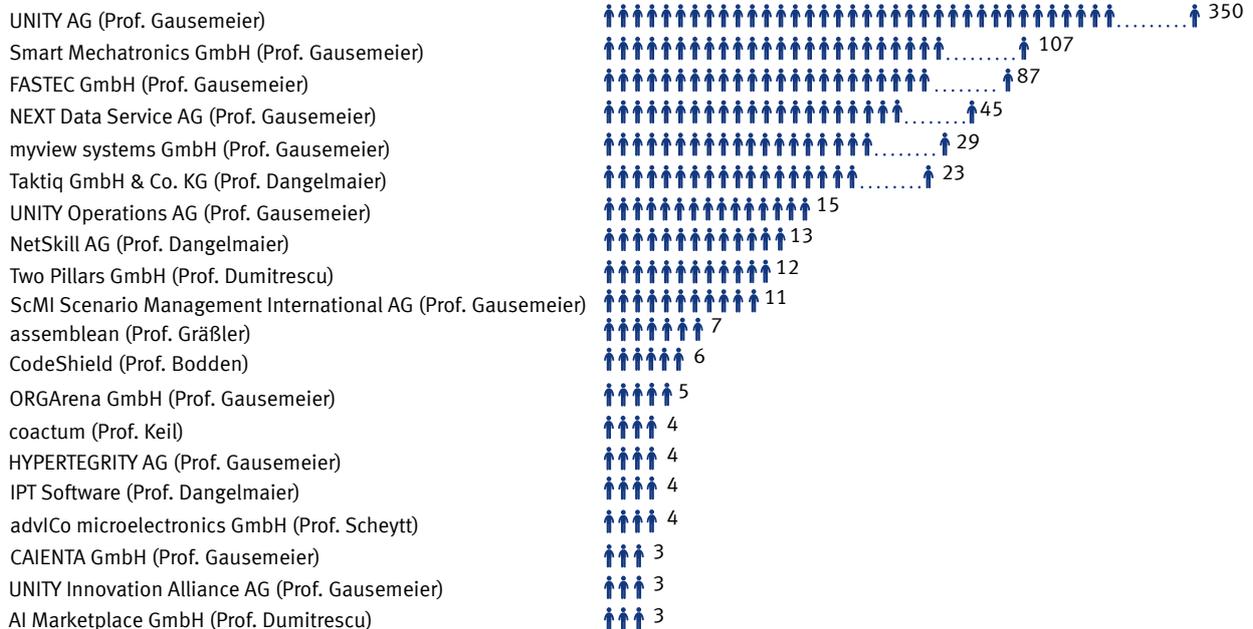


#### Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut

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

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

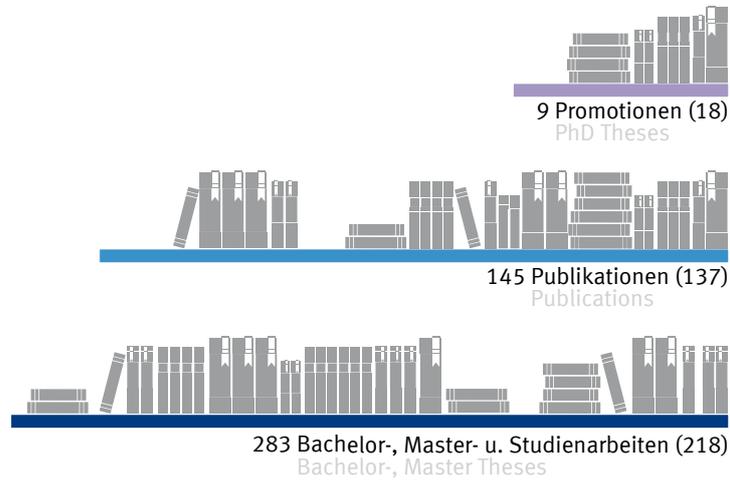


## Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

### Scientific results and publications

(Vorjahr 2021)

(Previous year 2021)



## Drittmittel

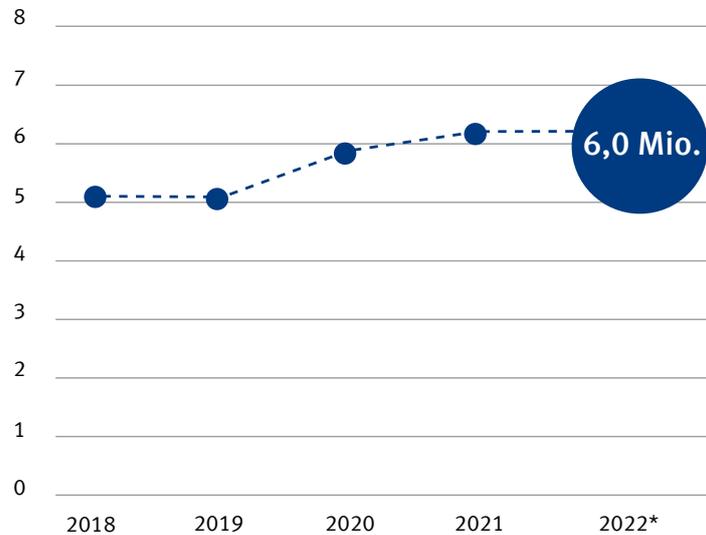
### External funds

Drittmittel in Mio. EURO

Third-party funds in Mill. EUR

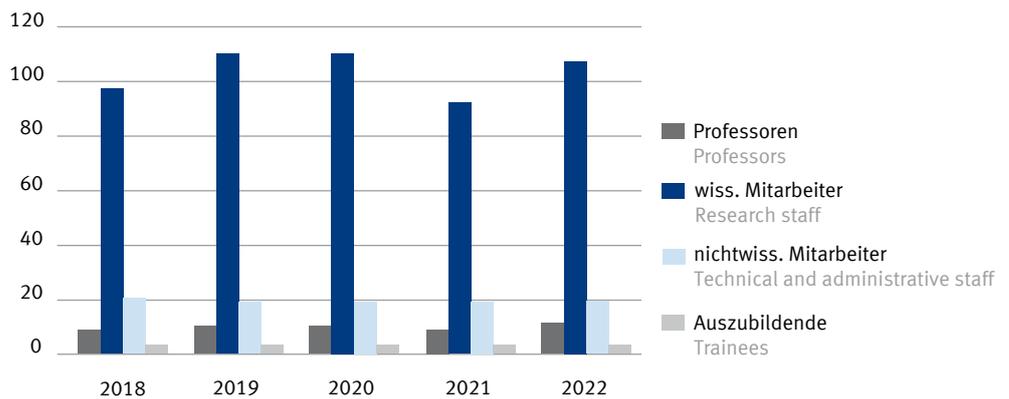
\*geschätzter Wert

\*estimated value



## Anzahl der Beschäftigten

### Number of employees





---

## 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>
Seite 6	Unser Leitbild
Seite 8	Unser Forschungsprogramm und Schwerpunktprojekte
Seite 24	Forschungsinfrastruktur
Seite 36	Strategische Kooperationen
Seite 48	Internationalität
Seite 50	Engagement in der Nachwuchsförderung

---

### Fachgruppen des Instituts

Seite 60	Secure Software Engineering Prof. Dr. Eric Bodden
Seite 72	Advanced Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Seite 84	Behavioral Economic Engineering and Responsible Management Prof. Dr. René Fahr
Seite 96	Produktentstehung Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler
Seite 108	Nachrichtentechnik Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach
Seite 120	Algorithmen und Komplexität Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Jun. Prof. Dr. Gleb Polevoy
Seite 134	Schaltungstechnik Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt
Seite 146	Regelungstechnik und Mechatronik Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

---

## 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 37
Internationality	Page 49
Commitment to support young researchers	Page 51

---

### Workgroups of the institute

Secure Software Engineering Prof. Dr. Eric Bodden	Page 61
Advanced Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu	Page 73
Behavioral Economic Engineering and Responsible Management Prof. Dr. René Fahr	Page 85
Product Creation Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler	Page 97
Communications Engineering Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach	Page 109
Algorithms and Complexity Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Assistant Prof. Dr. Gleb Polevoy	Page 121
System and Circuit Technology Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt	Page 135
Control Engineering and Mechatronics Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler	Page 147

## Assoziierte Fachgruppe

- Seite 158** **Angewandte Ethik, Technikethik**  
Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar
- Seite 166** **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Associated workgroup

- Applied Ethics, Ethics of Technology** **Page 159**  
Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar
- Philosophy of Science and Technology** **Page 167**  
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Weitere Aktivitäten

- Seite 174** **Publikationen**
- Promotionen**
- Messen, Tagungen, Seminare**
- Patente, Preise, Auszeichnungen**
- Weitere Funktionen**
- Spin-Offs**
- Aktuelle Forschungsprojekte**
- Aktuelle Industriekooperationen**
- Wissenschaftliche Kooperationen**
- Umschlag** **Impressum**

## Additional activities

- Publications** **Page 175**
- PhD Theses**
- Fairs, conferences, seminars**
- Patents, prizes, awards**
- Additional functions**
- Spin-offs**
- Current research projects**
- Current industry cooperations**
- Scientific cooperations**
- Imprint** **Cover**



## Unser Leitbild

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

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

### Intelligente technische Systeme für die Märkte von morgen

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

### Balance von Grundlagenforschung und angewandter Forschung

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

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

### Engagement in der Nachwuchsförderung

Wir engagieren uns intensiv in der Lehre und der Ausbildung unserer Studierenden, Doktorand\*innen 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\*innen sollen einen adäquaten Arbeitsplatz in der Wirtschaft bzw. im wissenschaftlichen Umfeld erhalten.

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

## Our guiding principles

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

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

### Intelligent technical systems for the markets of tomorrow

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

### Balance between fundamental research and applied research

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

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

### Commitment to supporting young talent

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

### Measurable goals

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

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

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

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

## 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 context provides us with an outstanding profiling opportunity: we want to position ourselves as a leading institute in the interdisciplinary design of intelligent technical systems.

### Structuring our research programme

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

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

**Strukturierung unseres Forschungsprogramms**

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

**Forschungskompetenzen**

Als interdisziplinäres Forschungsinstitut bündeln wir die Kompetenzen unserer Fachgruppen im Hinblick auf die 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 and 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	1 Learning Capacity, Adaptivity and Regulation	2 Mechatronics, Sensing & Communication in Distributed Systems	3 Safety & Security	4 Design Methodology	5 Strategic Planning & Interaction
A Intelligent Technical Systems, Cyber-Physical Systems	it's OWL	it's OWL	it's OWL	it's OWL	it's OWL
	DART	SPP 2111		SPP 2111	DizRuPt
	Flexible Arbeitswelten		Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten
	Leicht-Effizient-Mobil		Defense in Depth (DiD)	Defense in Depth (DiD)	
	BIKINI			BIKINI	BIKINI
	FG ASN			ImPaKT	ImPaKT
	SAIL	SAIL	SAIL		SAIL
B Distributed IT-Systems, Platforms	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA
	KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz
	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901
	WestAI	METERACOM	SCALE4EDGE	SCALE4EDGE	
		TRR 142	Defense in Depth (DiD)	Defense in Depth (DiD)	
			CROSSING	CROSSING	
				ImPaKT	ImPaKT
		SPP 2111		SPP 2111	
		URANOS-X		URANOS-X	URANOS-X
	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA
C Sociotechnical Systems, Markets	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901
			NERD.NRW	IMPRESS	IMPRESS
	Flexible Arbeitswelten		Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten
			Defense in Depth (DiD)	Defense in Depth (DiD)	
				ImPaKT	ImPaKT
	BIKINI			BIKINI	BIKINI
	SAIL	SAIL	SAIL		SAIL
CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	CREXDATA	

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.

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

SFB 901: S. 12 | p. 13;  
SAIL: S. 18 | p. 19;  
Flexible Arbeitswelten: S. 22 | p. 23;  
TRR 142: S. 138 | p. 139;  
SCALE4EDGE: S. 142 | p. 143

SPP 2111: S. 16 | p. 17  
KI Marktplatz: S. 20 | p. 21  
it's OWL: S. 40 | p. 41  
METERACOM: S. 140 | p. 141  
DART: S. 150 | p. 151

## 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 Teilnehmerinnen 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 Akteur\*innen in den Märkten garantieren sowie
- die Organisation und die Weiterentwicklung dieser Märkte und die für diese Aufgaben notwendige Interaktion zwischen den Akteur\*innen 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

### Heinz Nixdorf Symposium 2022

Vom 15. – 16. September 2022 hat der SFB 901 das 11. Heinz Nixdorf Symposium ausgerichtet. Das Symposium richtete sich an Forscher\*innen, aber auch an Praktiker\*innen aus der Industrie und anderen Einrichtungen, die im weiteren Sinne an Themen des SFB forschen oder arbeiten. Durch hochkarätige Vortragende, interessante Workshops und ein exzellentes Rahmenprogramm wollten wir den SFB, das Heinz Nixdorf Institut und den Forschungsstandort Paderborn noch stärker in den entsprechenden Communities sichtbar machen. Da das Symposium kurz vor dem regulären Ende des SFB 901 im Juni 2023 stattfand, haben wir uns inhaltlich auf die Zukunftsperspektiven des „On-The-Fly-Computing“ konzentriert. Wir haben dazu die nachfolgend aufgeführten fünf Forschungsfelder identifiziert, die stark vom SFB beeinflusst sind und die ein hohes Potenzial für zukünftige Forschung und für Auswirkungen in Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft haben:

- Explainable AI
- Secure and Privacy-Preserving Services
- Platforms and Markets
- The Future of Computing
- Dynamic, Heterogeneous and Hybrid Networks



Professor Thorsten Holz vom CISA Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit stellt in seinem Keynote-Vortrag seine Forschungen zu komplexen, sicheren Software-Systemen vor.  
Professor Thorsten Holz from the CISA Helmholtz Center for Information Security presents his research on complex, secure software systems in his keynote talk.

Diese fünf Themen wurden sowohl in den Keynote-Vorträgen als auch in parallel durchgeführten Workshops diskutiert. Darüber hinaus wurden bei einer hochkarätig besetzten Podiumsdiskussion mit dem Titel „Beyond On-The-Fly Computing“ die möglichen zukünftigen Auswirkungen der Forschung des SFB 901 beleuchtet. Das durchweg positive Feedback zu dem gesamten Symposium, das im Übrigen mit rund 180 Teilnehmer\*innen eine exzellente Resonanz erzeugt hat, bestätigt uns in unserem Ansatz. Zum Abschluss der zweitägigen Veranstaltung haben wir dann in einer letzten Sitzung des Beirats des SFB 901 zusammen mit Mitgliedern der Hochschulleitung der Universität Paderborn die geplanten Forschungs- und Transferinitiativen am Wissenschaftsstandort Paderborn diskutiert. Auch hier gab es von dem hochkarätig besetzten Gremium sehr viel Zuspruch



Professor Jan Krämer von der Universität Passau trägt in seinem Keynote-Vortrag zum Thema „Wirtschaftliche Regulierung der digitalen Märkte: Perspektiven und Fallstricke“ vor.  
Professor Jan Krämer from the University of Passau gives a keynote presentation on „Economic Regulation of Digital Markets: Prospects and Pitfalls“.

und Ermutigung für die von uns in Form von Impulsvorträgen dargestellten zukünftigen wissenschaftlichen Ausrichtungen und Schwerpunkte im Heinz Nixdorf Institut und an der Universität Paderborn insgesamt.

### Weiteres Transferprojekt bewilligt

Im Dezember 2022 konnten wir ein viertes aus dem SFB entstandenes und von der DFG bewilligtes Transferprojekt starten. Hierbei untersuchen wir in Zusammenarbeit mit CELONIS, einem „Business as a Service“-Unternehmen, die Motive für das Verfassen von Online-Bewertungen im B2B-Kontext. Die Ziele des Projektes sind, Online-Bewertungen in B2B-Märkten zu charakterisieren und von Online-Bewertungen in B2C-Märkten abzugrenzen sowie die zugrunde liegenden Motive zum Schreiben von B2B-Online-Bewertungen in Märkten für Softwareprodukte zu identifizieren und zu validieren.



Professorin Anja Feldmann vom Max-Planck-Institut für Informatik präsentiert in ihrem Keynote-Vortrag anhand mehrerer Internet-Messstudien die Vorteile einer fundierten Analyse des Datenverkehrs im Internet.  
Professor Anja Feldmann from the Max Planck Institute for Computer Science uses several Internet measurement studies to present the benefits of a sound analysis of data traffic on the Internet in her keynote lecture.

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

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

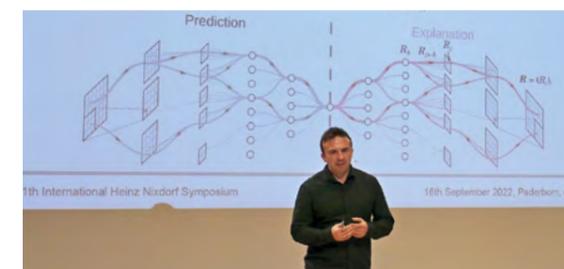
 [sfb901.upb.de](https://sfb901.upb.de)

### Heinz Nixdorf Symposium 2022

On 15 – 16 September 2022, the CRC 901 hosted the 11th Heinz Nixdorf Symposium. The symposium addressed researchers, but also practitioners from industry and other institutions, who are researching or working on topics of the CRC in a broader sense. With top-class speakers, interesting workshops and an excellent supporting programme, we wanted to make the CRC, the Heinz Nixdorf Institute and the research location Paderborn even more visible in the relevant communities. Since the symposium took place shortly before the regular end of the CRC 901 in June 2023, we focused on the future perspectives of “On-The-Fly Computing” in terms of content. To this end, we identified the five research areas listed below that are strongly influenced by the CRC and have high potential for future research and impact in science, society and industry:

- Explainable AI
- Secure and Privacy-Preserving Services
- Platforms and Markets
- The Future of Computing
- Dynamic, Heterogeneous and Hybrid Networks

These five topics were then discussed in the keynote lectures and in parallel workshops. In addition, a high-level panel discussion entitled “Beyond On-The-Fly Computing” highlighted the potential future impact of CRC 901 research. The consistently positive feedback on the entire symposium, which incidentally generated an excellent response with around 180 participants, reassured us regarding our approach. At the end of the two-day event, we then discussed the planned research and transfer initiatives at the science location Paderborn together with members of the management of the Paderborn University in a final meeting of the advisory board of CRC 901. Here, too, the top-class committee gave a lot of encouragement and support for the future scientific directions and focal points



Professor Wojciech Samek von der TU Berlin und dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut erklärt in seinem Keynote-Vortrag den Zuhörer\*innen das neue Forschungsgebiet der erklärbaren KI (Explainable AI), was darauf abzielt, Transparenz in die leistungsstarken, aber undurchsichtigen Deep-Learning-Modelle von heute zu bringen.  
Professor Wojciech Samek from TU Berlin and Fraunhofer Heinrich Hertz Institute explains to the audience in his keynote talk the new research field of Explainable AI which aims to bring transparency to today's powerful but opaque deep learning models.



Professor Robert Wille von der TU München und dem Software Competence Center Hagenberg spricht in seinem Keynote-Vortrag über die zukünftigen Herausforderungen beim Quantum Computing.  
Professor Robert Wille from the TU Munich and the Software Competence Center Hagenberg talks about the future challenges of Quantum Computing in his keynote speech.

of the Heinz Nixdorf Institute and the Paderborn University as a whole, which we presented in the form of impulse speeches.

### Further transfer project approved

In December 2022, we were able to start a fourth transfer project that arose from the CRC and was approved by the DFG. In cooperation with CELONIS, which is a “Business as a Service” company, we are investigating the motives for writing online reviews in a B2B context. The goals of the project are to characterise online reviews in B2B markets and to distinguish them from online reviews in B2C markets as well as to identify and validate the underlying motives for writing B2B online reviews in markets for software products.



Zum Abschluss des Symposiums moderiert Professor Gregor Engels (SFB 901, Bildmitte) die Podiumsdiskussion „Beyond On-The-Fly Computing“ mit den Teilnehmern (v. l.) Professor Dirk Neumann (Universität Freiburg), Dr. Uwe Dumslaff (Capgemini GmbH), Professor Eyke Hüllermeier (LMU München) und Professor Burkhard Hehenkamp (SFB 901).  
At the end of the symposium, Professor Gregor Engels (CRC 901, center) moderates the panel discussion “Beyond On-The-Fly Computing” with the participants (LTR) Prof. Dirk Neumann (University of Freiburg), Dr. Uwe Dumslaff (Capgemini GmbH), Prof. Eyke Hüllermeier (LMU Munich) and Prof. Burkhard Hehenkamp (CRC 901).

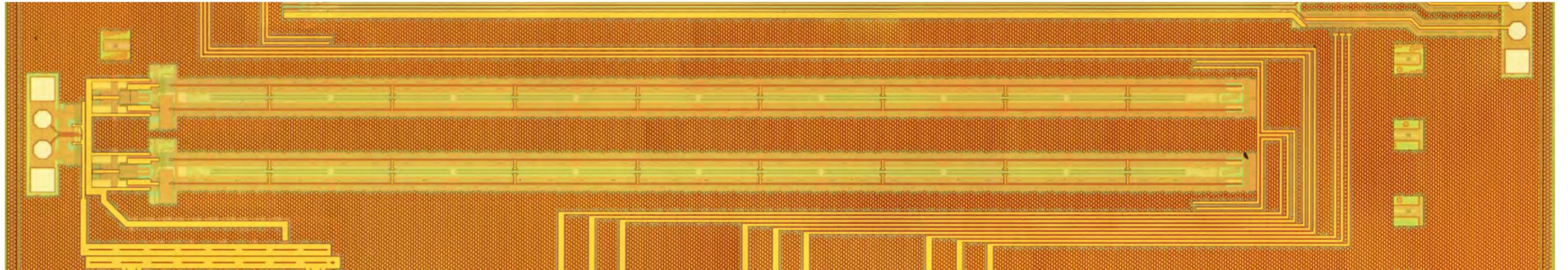
 **Dr. Ulf-Peter Schroeder**  
E-mail: ups@upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 67 26

 Supported by: German Research Foundation (DFG)

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

## DFG-Schwerpunktprogramm SPP2111

Elektronisch-photonische Signalverarbeitung mit nanophotonischen/-elektronischen ICs



Im Schwerpunktprogramm „Integrierte elektronisch-photonische Systeme für die ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SP2111) erforschen Forschergruppen aus deutschen Universitäten sowie Fraunhofer- und Leibnizinstituten neue elektronisch-photonische Systeme auf Basis der Siliziumphotonik-Technologie. Das Schwerpunktprogramm wird von der DFG mit insgesamt 14 Millionen Euro gefördert und von Professor Christoph Scheytt koordiniert.

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. Der SPP befindet sich in der zweiten Phase (2022 bis 2025).

Im Projekt PACE (Photonically-Assisted Ultrabroadband Analog to Digital Converter) werden elektrooptische Analog-Digital-Wandler mit extrem hohen Bandbreiten entwickelt. Hier ist es gelungen, ein System zu entwickeln, das Daten mit einer Rekorddatenrate von 600 Gbit/s mittels Quadraturamplitudenmodulation (16 QAM, 100 Gbd) verarbeiten kann. Das Ergebnis wurde 2022 auf der Optical Fiber Conference (OFC) in San Diego, USA, vorgestellt. Derzeit arbeitet das Konsortium an der weiteren Erhöhung der Bandbreiten und Datenraten.

Im Projekt PoNyDAC (Precise Optical Nyquist Pulse Digital to Analog Converter) ist es das Ziel, einen photonischen Digital-Analog-Wandler zu realisieren. Hier wurde eine neue Theorie entwickelt, die es ermöglicht, erstmals mit einem analyti-

schon Modell die Bandbreite und Auflösung (effective number of bits, ENOB) aus dem Rauschverhalten und der Nicht-linearität der Komponenten genau abzuschätzen. Weitere Arbeiten betrafen die Entwicklung schneller Teilkomponenten in Siliziumphotonik-Technologie, um dann eine vollintegrierte Schaltung des photonischen Digital-Analog-Wandlers in Siliziumphotonik-Technologie zu realisieren. Das Foto zeigt einen Siliziumphotonik-Chip mit zwei Modulatoren, die zur Pulserzeugung für die Ausgangssignale im photonischen Digital-Analog-Wandler genutzt werden.

 **Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt**  
E-Mail: 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 Ultrawideband Signal Processing” (SP2111), research groups from German universities as well as Fraunhofer and Leibniz institutes are investigating new electronic-photonic systems based on silicon photonics technology. The priority programme is funded by the DFG with a total of 14 million euros and coordinated by Professor Christoph Scheytt.

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 miniaturised photonics on one chip enables completely new systems for signal processing and communication. The SPP is in its second phase (2022 to 2025).

In the PACE project (Photonically-Assisted Ultrabroadband Analog to Digital Converter), electro-optical analogue-to-digital converters with extremely high bandwidths are being developed. Here, we developed a system that can process data at a record data rate of 600 Gbit/s using quadrature amplitude modulation (16 QAM, 100 Gbd). The result was presented at the Optical Fiber Conference (OFC) in San Diego, USA, in 2022. Currently, the consortium is working on further increasing bandwidths and data rates.

In the PoNyDAC (Precise Optical Nyquist Pulse Digital to Analog Converter) project, the goal is to realise a photonic digital-to-analogue converter. Here, a new theory was developed that, for the first time, allows you to accurately estimate the

 **Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt**  
E-mail: 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)

bandwidth and resolution (effective number of bits, ENOB) from the noise behaviour and nonlinearity of the components using an analytical model. Further work involved the development of fast sub-components in silicon photonic technology to then realise a fully integrated circuit of the photonic digital-to-analogue converter in silicon photonic technology. The photo shows a silicon photonics chip with two modulators used for pulse generation for the output signals in the photonic digital-to-analogue converter.

## Entwicklung der Grundlagen für die nachhaltige Gestaltung von KI-Komponenten



Im interdisziplinären Forschungsnetzwerk SAIL (SustAInable Life-cycle of Intelligent Socio-Technical Systems) untersuchen seit August 2022 rund 90 Wissenschaftler\*innen aus vier Forschungseinrichtungen die Nachhaltigkeit von KI-Systemen. SAIL konzentriert sich dabei auf Anwendungsfelder in Industrie und Gesundheitswesen. Die ersten vier Jahre werden durch das Land NRW mit 16,4 Millionen Euro gefördert und durch die Universität Bielefeld koordiniert.

Intelligente soziotechnische Systeme in der Arbeitswelt sind über ihren Lebenszyklus unterschiedlichsten Bedingungen ausgesetzt. Mit der Einführung smarter Assistenzsysteme oder anderer künstlicher Intelligenz (KI) ist nicht gesichert, dass das System langfristig störungsfrei arbeitet. SAIL adressiert die nächste Stufe der KI-Entwicklung, indem der gesamte Lebenszyklus von KI-Systemen und deren technologische und gesellschaftliche Auswirkungen in den Blick genommen werden. SAIL ist interdisziplinär angelegt. Das Forschungsprogramm umfasst inhaltlich Grundlagenforschung im Kernbereich der KI („research pillars“) sowie die zwei Anwendungsgebiete („application domains“) intelligente industrielle Arbeitsumgebungen und adaptive Assistenzsysteme für die Gesundheitsfürsorge. In der Grundlagenforschung wird das Zusammenspiel von KI und menschlichen Partnern betrachtet. Außerdem werden ausgereifte KI-Systeme analysiert, um unerwünschte langfristige Auswirkungen zu modellieren, abzufedern und zu verhindern. Zuletzt wird der KI-Lebenszyklus im Hinblick auf Effizienz betrachtet, damit der praktische Einsatz von KI-Systemen mit möglichst wenig Energie-, Zeit- und Speicherbedarf und geringer kognitiver Anstrengung ermöglicht wird. In SAIL kooperieren die Universität Bielefeld, die Universität Paderborn, die Fachhochschule Bielefeld und die Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe. Das Heinz Nixdorf Institut ist mit

den drei Fachgruppen „Nachrichtentechnik“, „Regelungstechnik und Mechatronik“ und „Secure Software Engineering“ beteiligt und bringt seine Expertise zu menschenzentrierten intelligenten technischen Systemen ein. Die „Nachrichtentechnik“ untersucht, wie Sensorsignale, die durch vielfältige Umgebungseinflüsse gestört sein können, durch maschinelle Lernverfahren bereinigt werden können. Solche „unterspezifizierten“ Umgebungen sind typisch für die Anwendungen in der Gesundheitsfürsorge, wie in der Telemedizin. In der „Regelungstechnik und Mechatronik“ werden lernende Verfahren in einer Human and Hardware in the Loop (HHIL)-Simulation untersucht, um durch adaptives Verhalten eine bestmögliche Immersion des Menschen in ein interaktives Assistenzsystem zu erreichen. In der Fachgruppe „Secure Software Engineering“ erforschen Wissenschaftler\*innen, wie sich zukünftige KI-Systeme so entwerfen lassen, dass Angriffe auf die KI möglichst bereits durch entsprechend sichere Architekturen abgewehrt, oder anderenfalls zumindest effektiv erkannt 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

## Developing the foundations for the sustainable design of AI components

Since August 2022, around 90 scientists from four research institutions have been working in the interdisciplinary research network SAIL (SustAInable Life-cycle of Intelligent Socio-Technical Systems) to investigate the sustainability of AI systems. SAIL is focusing in particular on industry and healthcare applications. The first four years are being funded by the state of NRW to the tune of 16.4 million euros, and coordinated by Bielefeld University.

Intelligent socio-technical systems are used in the world of work under a variety of conditions throughout their life cycle. When introducing smart assistance systems or other artificial intelligence (AI), there are no guarantees that the system will operate error-free for the long term. SAIL is addressing the next stage of AI development by examining the entire life cycle of AI systems and their technological and social impact. SAIL is taking an interdisciplinary approach. The research programme includes fundamental research on the core field of AI (“research pillars“) and the two “application domains“ of intelligent industrial work spaces and adaptive assistance systems for healthcare. The fundamental research will investigate the interaction between AI and human partners. The project will also analyse mature AI systems to model, absorb and prevent any undesired long-term effects. Finally, the AI life cycle will also be examined with regards to efficiency, in order to enable AI systems to be put to practical use with as few energy, time and storage requirements and as little cognitive effort as possible. Bielefeld University, Paderborn University, FH Bielefeld University of Applied Sciences and OWL University of Applied Sciences and Arts are joining forces in SAIL. The Heinz Nixdorf Institute “Communications Engineering“, “Con-

rol Engineering and Mechatronics“, and “Secure Software Engineering“ workgroups are involved and contributing their expertise on human-centred intelligent technical systems. “Communications Engineering“ is investigating how sensor signals, which can be disrupted by a wide variety of environmental influences, might be cleaned up using machine learning processes. “Underspecified“ environments such as these are standard for healthcare applications, such as telemedicine. In “Control Engineering and Mechatronics“, learning processes are being examined in a human-and-hardware-in-the-loop (HHIL) simulation, using adaptive behaviour to determine the ideal level of human immersion in an interactive assistance system. In “Secure Software Engineering“, researchers are looking at how future AI systems could be designed in such a way as to enable AI attacks to be warded off, or at least effectively identified, via suitably secure architecture.

 **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

## KI-Marktplatz

Die digitale Plattform für Innovationen von morgen



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

### Die Vision

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein wichtiger Schlüssel für eine innovative und effiziente Produktentstehung. Mit dem KI-Marktplatz entsteht bundesweit ein einzigartiges Ökosystem, mit dem Unternehmen die Potenziale in diesem Bereich erschließen können. Dreh- und Angelpunkt bildet die gleichnamige Plattform KI-Marktplatz, auf der Anbieter\*innen, Anwender\*innen und Expert\*innen Lösungen für KI entwickeln und austauschen können.

### Makeathon #zeitenwendeowl: Erfolgreiche Bewährungsprobe für den KI-Marktplatz

Vom 21. bis 23. September 2022 fand in Paderborn der it's OWL-Makeathon #zeitenwendeowl statt, bei dem die KI-Marktplatz-Plattform eine entscheidende Rolle spielte. Insgesamt 20 Unternehmen suchten beim Makeathon #zeitenwendeowl Lösungen für ihre konkreten Herausforderungen, darunter Weidmüller, Miele, Böllhoff und Wago. Die Darstellung, Bearbeitung und Lösungsentwicklung der Daten-Challenges wurde komplett über die KI-Marktplatz-Plattform abgewickelt. Mit Erfolg – denn Teilnehmer\*innen des Makeathons und Betreiber\*innen des Marktplatzes zeigten sich sehr zufrieden. Philip Kenneweg, der mit seinem Team die Daten-Challenge

des Makeathons gewonnen hat, ist begeistert: „Der KI-Marktplatz hat uns eine optimale Arbeitsumgebung geboten. Wir konnten darüber nicht nur unsere Challenge genau einsehen, sondern auch die Realdaten vom Unternehmen beziehen.“ Leon Özcan, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut und Projektkoordinator im KI-Marktplatz, resümiert: „Mit dem Makeathon #zeitenwendeowl konnten wir die Praxisstauglichkeit der Plattform zeigen. Jetzt suchen wir Kund\*innen aus der Industrie, um sie bei der KI-Entwicklung über den Marktplatz zu unterstützen.“

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

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

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

## 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

Artificial Intelligence (AI) is essential for innovative and efficient product creation. With the AI Marketplace, we are creating a unique ecosystem in Germany that will enable companies to tap the potential in this area. The lynchpin is the AI Marketplace platform, where providers, users and experts can jointly develop and exchange AI solutions.

### Makeathon #zeitenwendeowl: Successful test for the AI Marketplace

On 21 to 23 September 2022, the it's OWL makeathon #zeitenwendeowl took place in Paderborn, where the AI Marketplace platform played a crucial role. A total of 20 companies sought solutions to their specific challenges at the #zeitenwendeowl makeathon, including Weidmüller, Miele, Böllhoff and Wago. The presentation, processing and solution development of the data challenges were handled entirely via the AI Marketplace platform. With success – because participants of the Makeathon and operators of the marketplace were delighted. Philip Kenneweg, who won the data challenge of the Makeathon with his team, is enthusiastic: “The AI Marketplace offered us an optimal working environment. Not only were we able to see our challenge in detail, but we were also able to obtain real

data from the company.” Leon Özcan, research associate at the Heinz Nixdorf Institute and project coordinator in the AI Marketplace, sums up: “With the Makeathon #zeitenwendeowl, we were able to demonstrate the practicality of the platform. Now we are looking for customers from the industry to support them in AI development via the AI Marketplace.”

 **Leon Özcan, M.Sc.**  
E-mail: [leon.oezcan@hni.upb.de](mailto:leon.oezcan@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 65 19

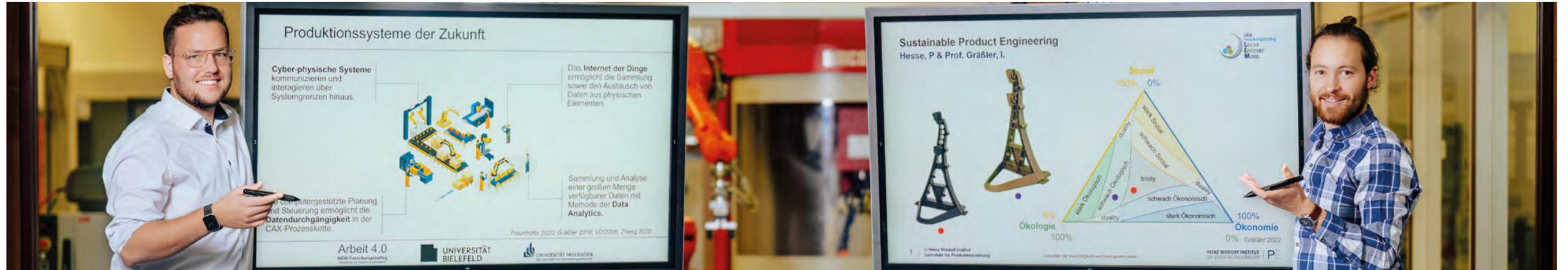
 Supported by: Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK)

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 zu großen gesellschaftlichen Herausforderungen des Landes NRW



Seit Ende 2014 ist das Heinz Nixdorf Institut mit zwei sogenannten „Forschungskollegs“ in dem gleichnamigen Förderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen vertreten. In diesem Jahr wurde auch die zweite Förderperiode erfolgreich abgeschlossen. In den Kollegs wurden die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt sowie hybride Leichtbautechnologien für nachhaltige Produkte erforscht.

Das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes NRW förderte inter- und transdisziplinäre Forschung zur Lösung komplexer gesellschaftlicher Herausforderungen unserer Zeit. Zur ganzheitlichen Betrachtung wurden soziotechnische Ansätze in interdisziplinären Forschungsteams entwickelt und mit der Zivilgesellschaft erörtert. Neue, innovative Handlungsfelder für die Zukunft im Land NRW wurden identifiziert, im kontinuierlichen Austausch diskutiert und umgesetzt.

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

Durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien ergeben sich neuartige Möglichkeiten. Neben technischen Herausforderungen bei der Entwicklung von vernetzten Fabriken ist die Integration der Mitarbeiter\*innen entscheidend. Die Fachgruppe „Produktentstehung“ entwickelte eine Methodik zur fähigkeitsorientierten Montageplanung und -steuerung. Sie unterstützt dabei, die menschlichen Fähigkeiten und Bedürfnisse in der Montageplanung und -steuerung zu berücksichtigen. Die Ergebnisse werden im interdisziplinären Buch „The Digital Twin of Humans: An Interdisciplinary Concept of Digital Working Environments in Industry 4.0“, im Springer-Verlag, 2023 veröffentlicht.

### Leicht, effizient, mobil – Energie- und kosteneffizienter Extremlichtbau mit Hybridwerkstoffen (FK LEM)

Im FK LEM wurde die Anwendung von hybriden Bauteilen und Verbundwerkstoffen erforscht. Im Kolleg wurden Methoden erforscht, um Unternehmen bei der Auswahl und Einführung ökologisch nachhaltiger Materialien sowie in der Durchführung von Life Cycle Assessments zu unterstützen. Die Fachgruppe „Produktentstehung“ entwickelte eine Methodik zur Identifikation konsistenter Konstruktionsrichtlinien zur Gewährleistung von Materialzirkularität. Die Ergebnisse fließen in die Lehre ein. Weiterhin werden die Ergebnisse im Jahr 2023 im interdisziplinären Buch „Climate Protection, Resource Efficiency and Sustainable Engineering“ beim Transcript-Verlag veröffentlicht.

 **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 major societal challenges facing the State of NRW

Since the end of 2014, the Heinz Nixdorf Institute has been represented with two “research colleges” in the current funding programme of the state of North Rhine-Westphalia. In 2022, the second funding period was also successfully completed. In the colleges, the effects of digitalisation on the world of work and hybrid lightweight technologies for sustainable products were investigated.

The Ministry of Culture and Science of the State of North Rhine-Westphalia promoted inter- and transdisciplinary research to find solutions to the complex social challenges of our time. For a holistic view, socio-technical approaches were developed in interdisciplinary research teams and discussed with civil society. New, innovative fields of action for the future in the state of NRW were identified, discussed in continuous exchange and implemented.

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

New information and communication technologies open up new possibilities. In addition to the technical challenges in the development of networked factories, the integration of employees is crucial. The “Product Creation” workgroup developed an innovative methodology for skill-oriented assembly planning and control. This focuses on the employees and considers their skills and needs in planning and control of an entire assembly system. The research outcomes will be published in the interdisciplinary book “The Digital Twin of Humans: An interdisciplinary concept of digital working environments in industry 4.0” to be released by Springer-Verlag in 2023.

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

The FK LEM researched on application of hybrid components and hybrid materials. Furthermore, the college developed methods to support companies in the selection and introduction of ecologically sustainable materials and in the execution of life cycle assessments. Within the FK LEM, the “Product Creation” workgroup developed a methodology for identifying, design guidelines ensuring material circularity. The results are implemented in teaching and will also be published in 2023 in the interdisciplinary book “Climate Protection, Resource Efficiency and Sustainable Engineering” by Transcript-Verlag.

 **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)

Untersuchung ökonomischer Fragestellungen in kontrollierten Laborexperimenten



Die experimentelle Wirtschaftsforschung untersucht, wie sich Menschen in ökonomischen Entscheidungssituationen verhalten. Das wirtschaftswissenschaftliche Experimentallabor der Universität Paderborn, das BaER-Lab, bietet seinen Forscher\*innen die Möglichkeit, die notwendigen Beobachtungsdaten durch kontrollierte Laborexperimente zu erheben und damit relevante ökonomische Fragestellungen und Theorien empirisch zu untersuchen.

Die experimentelle Wirtschaftsforschung stützt sich auf die Erhebung von Beobachtungsdaten, um menschliches Verhalten in ökonomischen Kontexten besser zu verstehen. Damit begegnet sie dem Grundproblem der empirischen (Wirtschafts-) Forschung, dass zu vielen ökonomischen Fragestellungen kaum Datenmaterial zur Verfügung steht oder Datenerhebungen etwa in real existierenden Unternehmen – wenn überhaupt – nur mit großem Aufwand realisiert werden können. Die experimentelle Wirtschaftsforschung stellt daher eine wertvolle Methode dar, diese Daten über kontrollierte Laborexperimente zu erheben. In diesen Experimenten treffen die Teilnehmer\*innen im Rahmen einer spezifischen ökonomischen Situation Entscheidungen am Computer. Ähnlich zu klinischen Studien wird in einem ökonomischen Experiment nur eine einzige Variable zwischen zwei Probandengruppen 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. Die Teilnehmer\*innen werden abhängig von ihren Entscheidungen monetär vergütet. Pandemiebedingt musste die Durchführung ökonomischer Laborexperimente längere Zeit pausieren. Zwischenzeitlich wurde die technische Infrastruktur des BaER-Lab erneuert und die bestehenden Rechner-Bildschirm-Kombinatio-

nen wurden durch Thin Clients ersetzt. Zudem wurden Online-Experimenten etabliert, an denen Proband\*innen bequem von zu Hause aus teilnehmen können. Seit Beginn des Wintersemesters 2022/23 sind nun wieder Laborexperimente in Präsenz möglich und wurden bereits zahlreich durchgeführt. Die zusätzliche Option der Online-Experimente soll weiterhin erhalten bleiben. Aktuelle experimentelle Projekte beschäftigen sich u. a. mit menschlichem Verhalten in Mensch-Maschine-Interaktionen, Whistleblowing, Risikoabwägungen in Finanzentscheidungen, Reputationssystemen auf Onlinemärkten, der Entwicklung von Anreizsystemen in Unternehmen und der Rolle ethischer Prinzipien im Wirtschaftskontext. Mit seinen 35 vernetzten Computerarbeitsplätzen stellt das „BaER-Lab“ eines der größten ökonomischen Experimentallabore Deutschlands dar. Aktuell befinden sich knapp 2.500 studentische Proband\*innen in der laboreigenen Onlinedatenbank, aus der die Teilnehmer\*innen für die ein- bis zweistündigen Experimente rekrutiert werden.

 **Prof. Dr. René Fahr**  
E-Mail: rene.fahr@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 20 90

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

Investigating economic issues in controlled laboratory experiments

Experimental economic research investigates how people behave in economic decision-making situations. The economic experimental laboratory of Paderborn University, the BaER-Lab, offers its researchers the possibility to collect the necessary observational data through controlled laboratory experiments and thus to empirically investigate the relevant economic research questions and theories.

Experimental economic research relies on the collection of observational data to better understand human behaviour in economic contexts. Thus, it addresses the basic problem in empirical (economic) research that, for many economic questions, either hardly any data is available or data collection in real companies can only be realised with great effort, if at all. Experimental economic research, therefore, represents a valuable method for collecting such data via controlled laboratory experiments. In these experiments, participants make decisions on the computer in the context of a specific economic situation. Similar to clinical studies, in an economic experiment, only one variable is changed between two groups of subjects, so differences in observed behaviour can be attributed to exactly this one change. In contrast to psychological experiments, no deception of the participants is allowed. The participants are monetarily compensated depending on their decisions. Due to the pandemic, the execution of economic laboratory experiments had to be put on hold for a prolonged period of time. In the meantime, the technical infrastructure of the BaER-Lab was updated, and the existing computer-screen combinations were replaced by thin clients. In addition, online experiments were established in which subjects can conveniently participate from home. Since the beginning of the winter semester

2022/23, laboratory experiments are again possible in person and have already been carried out in large numbers. The use of online experiments, however, remains for researchers as an additional methodological option. Current experimental projects deal, among other things, with human behaviour in human-machine interactions, whistleblowing, risk trade-offs in financial decision-making, reputation systems in online markets, the design of incentive systems in companies and the role of ethical principles in the business context. With its 35 connected computer workstations, the BaER-Lab is one of the largest economic experimental laboratories in Germany. Currently, the lab's online database, from which the participants for the one to two hour experiments are recruited, contains almost 2,500 students.

 **Prof. Dr. René Fahr**  
E-mail: rene.fahr@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 20 90

## Fahrzeugachsprüfstand mit hochdynamischem Hexapod

Effiziente Entwicklungs- und Prüfumgebung für mechatronische Fahrzeugachsen



Mit der zunehmenden Integration von Fahrwerkregelsystemen kann der Komfort und die Sicherheit moderner Fahrzeuge signifikant verbessert werden. Aufgrund der hohen Anzahl von Fahrzeugderivaten erfordert die Entwicklung der enthaltenen elektronischen Komponenten jedoch den Einsatz effizienter Prüfverfahren. Diesem Bedarf begegnen wir mit der Entwicklung einer universellen Prüfumgebung für mechatronische Fahrzeugachsen.

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

Mit dem Achsprüfstand des Heinz Nixdorf Instituts wird eine Entwicklungsumgebung zur Durchführung mechatronischer Hardware-in-the-Loop (HiL)-Simulationen bereitgestellt. Darin wird ausschließlich der Prüfkörper, in diesem Fall eine mechatronische Fahrzeugachse, real im Prüfstand aufgebaut. Das sogenannte „Restfahrzeugmodell“, welches alle übrigen Fahrzeugkomponenten abbildet, wird auf einem Echtzeitrechner simuliert. Die Kopplung der realen und virtuellen Teilsysteme erfolgt schließlich durch die verbaute Prüfstandsaktuatorik und -sensorik. Da somit alle komfort-, sicherheits- und dynamikrelevante Komponenten eines Fahrzeugs entweder real oder virtuell im Labor vorhanden sind, können Fahrversuche simulativ durchgeführt werden. Aktive Fahrwerkskomponenten, wie z. B. Wankstabilisatoren, lassen sich in diesem Rahmen ressourcenschonend abstimmen und funktional absichern. Dabei ist es das Ziel, die Anzahl aufwendiger Fahrversuche zu minimieren und diese durch zeit- und kosteneffiziente Labortests unter reproduzierbaren Versuchsbedingungen zu ersetzen.

### Iterationsfreie Betriebsfestigkeitsprüfung

Darüber hinaus widmet sich ein weiterer Forschungszweig des Heinz Nixdorf Instituts der optimierten Betriebsfestig-



**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)

keitsuntersuchung (BFU). Dahinter steht die Erkenntnis, dass die Regelbandbreite konventioneller Achsprüfstände nicht ausreicht, um die bei der BFU geforderte Genauigkeit bei der Nachbildung vordefinierter Beanspruchungsspektren (Target-Signale) auf direktem Wege zu erreichen. Stattdessen müssen die Stellsignale der einzelnen Aktoren iterativ eingelernt werden. Hierbei können Vorschädigungen am Prüfkörper auftreten und so die Versuchsergebnisse verfälschen. Die Kombination neuartiger Regelungsverfahren mit der dynamisch optimal abgestimmten Prüfstandshardware ermöglicht es hingegen, die Regelbandbreite derart zu erhöhen, dass die Target-Signale direkt eingeregelt werden können und keine aufwendige Iteration der Stellsignale erforderlich ist.

## 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 can significantly improve the ride comfort and safety of modern vehicles. However, due to the large number of vehicle derivatives, the development of the underlying electronic components requires the use of efficient, model-based test procedures. To meet this need, we provide a universal test environment for mechatronic vehicle axles.

### Hardware-in-the-loop simulation

The axle test rig of the Heinz Nixdorf Institute provides a development environment for performing mechatronic hardware-in-the-loop (HiL) simulations. Here, only the device under test, in this case a mechatronic vehicle axle, is actually assembled in the test rig. The residual vehicle model, which represents all remaining vehicle components, is simulated on a real-time computer. The coupling of the real and virtual subsystems is finally achieved by the installed actuators and sensors.

Since all comfort, safety and dynamics relevant vehicle components are available in the laboratory either in real or virtual form, driving tests can be executed simulatively. Within this framework, active chassis components, such as roll stabilisers, can be tuned and functionally validated with minimised use of resources. In doing so, it is the aim to reduce the number of time-consuming driving tests to and replace them with time- and cost-efficient laboratory tests under reproducible experimental conditions.

### Iteration-free durability testing

In addition, another field of research at the Heinz Nixdorf Institute is dedicated to optimised durability testing. This is based on the observation that the control bandwidth of conventional axle test rigs is not sufficient to achieve the required accuracy when reproducing predefined stress spectra (target signals) in a direct way. Instead, the control signals of the individual actuators are adjusted iteratively. However, this can cause preliminary damage to the device under test and thereby falsify the experiment results. The combination of novel feedback and feedforward control methods with the 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 control signals.



**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)

## 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\*in und Assistenzsystem unter reproduzierbaren und sicheren Testbedingungen.

Technologieimpulse 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 einer sehr frühen Phase 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\*in und Assistenzsystemen. Hierdurch lassen sich ressourceneffiziente und deutlich verkürzte Innovationszyklen realisieren.

Diesem Leitbild folgend, wird die bestehende Forschungsinfrastruktur am Heinz Nixdorf Institut durch einen interaktiven dynamischen Fahrsimulator ergänzt. Dieser verfügt über ein einzigartiges Bewegungssystem, mit welchem die virtuellen Fahrzeugbewegungen durch innovative Regelalgorithmen für die Insass\*innen 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 Außen- und Rückspiegeln erzeugt. Auch ein Austausch der verbauten Fahrzeugkabinen (Kleinwagen, LKW) ist durch die modulare Bauweise des Gesamtsystems leicht möglich. So entsteht im Zusammenspiel verschiedener Sinneswahrnehmungen ein realitätsnaher Fahrereindruck bei den virtuellen Testfahrten im Simulator.

Neben der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Fahrsimulators sind die Optimierung hochauflösender Scheinwerfersysteme mit dynamischen Lichtfunktionen sowie die Erprobung robuster Sensortechnologien für das hochautomatisierte Fahren unter widrigen Witterungsbedingungen 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 accompanying 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.

Technology impulses 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 to analyse and optimise 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 innovation cycles.

Following this guiding principle, the existing research infrastructure at the Heinz Nixdorf Institute is extended by an interactive dynamic 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

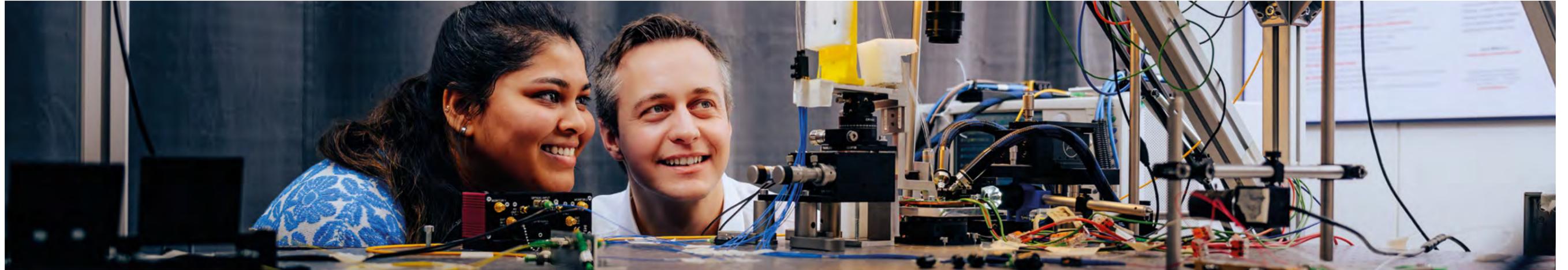
 **Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler**  
E-mail: [ansgar.traechtler@hni.upb.de](mailto:ansgar.traechtler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 77

simulated environment, a computer cluster is applied, generating 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. Therefore the interaction of different sensory stimuli creates a realistic driving impression during the virtual test drives in the simulator.

In addition to the continuous improvement of the driving simulator, the optimisation of high resolution headlamp systems with dynamic lighting functions as well as the testing of robust sensor technologies for highly automated driving under adverse weather conditions are central research focuses 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 entwickelt und anschließend unter Laborbedingungen getestet. Die Untersuchung und Charakterisierung von ultra-low-power, Hochfrequenz- und elektrooptischen Chips erfordert komplexe Messmethoden und High-End-Equipment.

### Charakterisierung elektronischer Systeme im RF-Lab

Im Radio-Frequency-Lab (RF-Lab) der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ können kleine Strukturen im Mikrometerbereich auf Mikrochips und Hochfrequenz-Platinen mittels eines Wire-Bonders kontaktiert und die Gesamtsysteme anschließend auf einem Wafer-Prober untersucht werden. Vector Network Analyser, Hochfrequenz-Oszilloskope und diverse andere Logikanalysatoren und Hochfrequenz-Signalgeneratoren sowie weitere Hochfrequenz-Messtechnik stehen zur Verfügung, um Hochfrequenz-Module und -Chips bei Frequenzen und Datenraten von bis zu 125 GHz bzw. 256 GB/s zu untersuchen. Somit können modernste Radarsysteme, Empfänger- und Sendeschaltungen 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, 1.550 nm-Laserquellen, optische Koppler, Fiber Arrays, Powerdetektoren, HF-Photodioden, kohärente

Empfänger, programmierbare optische Filter, optische Modulatoren, einen Spektralanalysator und vieles Weitere enthält. Zudem enthält das Laserlabor einen Mode-locked-Laser, einen optischen Verstärker und die zugehörigen Schutzvorrichtungen und Schutzausrüstungen. Innerhalb des Photonic-Labs werden neuste monolithisch-integrierte siliziumphotonische Systeme vermessen und analysiert.

### Auswahl des Laborequipments:

- Wire-Bonder (Hesse Mechatronics Bonjet BJ653)
- Wafer-prober (Signatone mm-Wave Probe Station)
- Vector Network Analyser (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 of high-end 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 test equipment.

### Characterisation of electronic communication systems in the RF Lab

In the Radio Frequency Lab (RF Lab) of the “System and Circuit Technology” workgroup, structures in the micrometre range on microchips and high frequency printed circuit boards can be connected by means of a wire bonder and the complete systems can then be examined on a wafer-probe station. 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-frequencies RF 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 wire-line 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 fibreglass, 1550 nm laser sources, optical

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

couplers, fibre arrays, power detectors, high-frequency photodiodes, coherent receivers, programmable optical filters, optical modulators, spectrum analysers and many more. In addition, the Photonic Lab 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 are measured and analysed.

### Selection of lab equipment:

- Wire bonder (Hesse Mechatronics Bonjet BJ653)
- Wafer prober (Signatone mm-Wave Probe Station)
- Vector Network Analyzer (Anritsu VectorStar MS4647B)
- Realtime Oscilloscope (Keysight UXR0702A)
- Arbitrary Waveform Generator (Keysight M8194A)
- HF photodiodes (Finisar XPDV3120, BPDV3120R)
- Waveshaper (II-VI 4000A)
- Optical spectrum analyzer (Yokogawa AQ6370D)
- Mode-lock-laser (Menhir Photonics M1550)

## Smart Automation Laboratory

Zukunftsorientierte Forschung und Entwicklung in der digitalen Fabrik der Zukunft



Digitalisierung, Informations- und Materialzirkularität, Mensch-Roboter-Kollaboration und Künstliche Intelligenz: Derartige Themen stehen für innovative und nachhaltige Produkte und Produktionssysteme der Zukunft. Fokus der Forschungsprojekte im Smart Automation Laboratory der Fachgruppe „Produktentstehung“ ist die Analyse neuer Technologien in intelligenten dezentralen Produktionssystemen zur Lösung aktueller und künftiger Herausforderungen.

„Cyber-physische Produktionssysteme“ (CPPS) stellen hochflexible, adaptive und über Internettechnologien vernetzte Produktionssysteme dar. Diese ermöglichen durch eine Dezentralisierung und Autonomie ein ganz neues Niveau: Die flexible Koordination erfolgt über internetbasierte Kommunikation mit Standards wie OPC UA. Sie umfasst Maschinen, Sensoren, Werkstücke, Betriebsmittel sowie Lager- und Transportsysteme. Innerhalb dieser neuen Form der Steuerung muss auch eine menschenzentrierte Gestaltung der Arbeit beachtet werden. Dies wird im Smart Automation Laboratory beispielsweise anhand von adaptiven Assistenzsystemen erforscht, die sich individuell an die Fähigkeiten der Mitarbeiterin/des Mitarbeiters anpassen. Weitere relevante Technologien, die innerhalb des Labs untersucht werden, sind der Digitale Zwilling, Predictive Maintenance, Dashboards sowie Machine Vision.

Das Labor besteht aus zwei Fertigungszellen (eine Drehmaschine und eine Fräsmaschine), zwei 3D-Druckern sowie einer Montagesstation. Die Zellen sind 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. Des Weiteren werden durch-

gehend neue softwaretechnische Systeme entwickelt und ausgebaut. Wenn ein neuer Auftrag im System eingeht, wird dieser einem Shuttle auf dem Materialflusssystem zugeordnet. Anschließend erfolgt das Scheduling durch eine dezentrale Produktionssteuerung. Hierzu ist jede Einheit mit einer eingebetteten Informationsverarbeitung ausgestattet, welche die Überwachung und Steuerung übernimmt und eine Kommunikationsschnittstelle bereitstellt, die die dezentrale Steuerung ermöglicht und eine Schnittstelle für zentrale Überwachungssysteme bereithält. Dadurch können sich die Systemelemente der Produktion selbstständig vernetzen, konfigurieren und zentral überwacht werden (Plug & Produce).

Aktuelle Forschungsschwerpunkte innerhalb der Laborumgebung sind die Einbindung der Mitarbeiter\*innen in die Produktionsplanung und -steuerung sowie der Einsatz von Machine Vision Quality Gates. Hierbei erfolgt die Sichtprüfung automatisch unter der Verwendung von künstlicher Intelligenz.

 **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

Future-oriented research and development in the digital factory of the future

Digitalisation, information and material circularity, human-robot-collaboration and artificial intelligence: Topics like these represent innovative and sustainable products and production systems of the future. The focus of research projects in the Smart Automation Laboratory of the “Product Creation” workgroup is the analysis of new technologies in intelligent decentralised production systems in order to solve the current and future challenges.

“Cyber-physical production systems” (CPPS) represent highly flexible, adaptive production systems which are connected by network technologies. These enable a whole new level through decentralisation and autonomy: Flexible coordination takes place through Internet-based communication via standards like OPC UA. It includes machines, sensors, workpieces, operating resources as well as storage and transport systems. Within this new form of control, a human-centred design of work must also be considered. This is being researched in the Smart Automation Laboratory, for example, using adaptive assistance systems that adapt individually to the skills of the worker. Other relevant technologies being investigated in the laboratory are digital twins, predictive maintenance, dashboards and machine vision.

The laboratory consists of two manufacturing cells (a lathe and a milling machine), two 3D printers and an assembly station. The cells are connected with a material flow system. In addition, the lab has three different types of robots (gantry robot, industrial robot, collaborative robot) that are used for loading and unloading the machines. Furthermore, new software systems are continuously developed and expanded. When a new order enters the system, it is assigned to a shut-

tle on the material flow system. Scheduling is then carried out by a decentralised production control system. For this purpose, each unit is equipped with an embedded information processing, which handles monitoring and control and provides a communication interface that enables decentralised control and provides an interface for central monitoring systems. This allows the system elements of the production to network and configure themselves independently and to be monitored centrally (Plug & Produce).

Current research focuses within the laboratory environment are the integration of workers into production planning and control as well as the use of machine vision quality gates. Here, visual inspection is carried out automatically using artificial intelligence.

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

## Smart Innovation Laboratory

Laborumgebung zur Untersuchung von Veränderungen in der Produktentwicklung durch Digitalisierung



Das Smart Innovation Laboratory der Fachgruppe „Produktentstehung“ ermöglicht die Untersuchung der Auswirkungen der Digitalisierung auf die Produktentwicklung. Hierzu werden innovative Ansätze in den Bereichen „strategische Produktplanung“, „Innovationsmanagement“, „Systems Engineering“ sowie „digitale und virtuelle Produktentstehung“ erforscht.

Die Digitalisierung in der Produktentwicklung ist auf zwei Ebenen zu betrachten: Sie unterstützt zum einen innovative Prozesse in der Produktentwicklung. Beispiele sind Ansätze der generativen Entwicklung oder der datengetriebenen Anforderungserhebung. Zum anderen ermöglicht sie die Entwicklung smarter Produkte und Produkt-Service-Systeme. Im Smart Innovation Laboratory der Fachgruppe von Professorin Iris Gräßler besteht hierzu eine einzigartige Forschungsinfrastruktur. Speziell wissensintensive Prozesse in den frühen Phasen der Produktentstehung, die oftmals kollaborativ stattfinden, können durch geeignete technische Assistenzsysteme unterstützt werden. Die große Herausforderung hierbei besteht im Zusammenspiel von Kollaboration, Visualisierung und Analyse.

Zur Kollaboration umfasst das Smart Innovation Laboratory Kollaborations- und Prototyping-Arbeitsplätze. Dadurch können interdisziplinäre Entwicklungsteams gemeinsam an der modellbasierten Entwicklung neuer Prototypen arbeiten. Diese Aufgaben werden zudem durch den Einsatz von digitalen Werkzeugen unterstützt, wie Multitouch-Tische und -Displays. Durch Visualisierungswerkzeuge können Prototypen schon frühzeitig immersiv erlebt und erfahrbar werden. Dazu zählen flexible Head-Mounted Displays und VR-Treadmills.

Diese virtuellen Erfahrungen können durch physische Prototypen ergänzt werden, die beispielsweise mittels additiver Fertigung hergestellt werden.

Ein Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe ist die Frage, wie Produktentwickler\*innen zukünftig digitale Werkzeuge einsetzen. Daher ist eine zentrale Funktion des Forschungs Großgeräts die Integration von Forschungsdaten: Die Videoaufzeichnung mit Datensynchronisation und -integration von smarten Devices ermöglicht neue Erkenntnisse in der Mensch-Technik-Interaktion. Durch die Datenvernetzung werden Forschungsdaten in Echtzeit oder im Anschluss analysiert und ausgewertet. Die flexible und modulare Struktur des neuen Smart Innovation Laboratory ermöglicht eine situations- und themenabhängige Konfiguration für spezifische Prüfzenarien in der Produktentwicklung. In Kombination mit dem etablierten, angrenzenden „Smart Automation Laboratory“ wird der gesamte Produktentstehungsprozess für experimentelle Untersuchungen abgebildet.



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

## Smart Innovation Laboratory

Laboratory environment for investigating future changes in product development through digitalisation

The Smart Innovation Laboratory of the “Product Creation” workgroup enables the investigation of the effects of digitalisation on product development. Innovative approaches in the areas of “strategic product planning”, “innovation management”, “development management” as well as “digital and virtual product creation” are being researched.

The perspectives on digitalisation in product engineering are at least twofold: Firstly, it enables innovative processes in product development. Examples are given by generative design and data driven elicitation of requirements. Secondly, the development of smart products and product service systems is enabled. For this, the Smart Innovation Laboratory of the “Product Creation” workgroup of Professor Iris Gräßler comprises a unique research infrastructure. Especially knowledge-intensive processes in the early phases of product development, which often take place collaboratively, can be supported by suitable technical assistance systems for developers. The great challenge here is the interaction of collaboration, visualisation and analysis.

For collaboration, the laboratory includes collaboration and prototyping workstations. This allows development teams to work together on the development of new prototypes. This is further supported by the use of digital tools, such as large multi-touch tables and displays. Model-based collaborative development in interdisciplinary teams is thus made possible. Visualisation tools allow immersive experiences with prototypes at an early stage. Tools cover, for instance, flexible head-mounted displays and VR treadmills. Such experiences in the virtual space can be

complemented by prototypes which are manufactured and tested using additive manufacturing.

A research focus of the workgroup is described by the question of how product developers will use digital tools in the future. Therefore, a central function of the large-scale research device is the integration of research data: Video recording with data synchronisation and the integration of smart devices enables new insights in human-technology interaction. Through data networking, research data can be analysed and evaluated in real time or afterwards. The flexible and modular structure of the new Smart Innovation Laboratory enables a situation- and topic-dependent configuration for specific test scenarios in product development. In combination with the established, adjacent “Smart Automation Laboratory”, the entire product creation process is mapped for experimental investigations.



**Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler**  
E-mail: iris.graessler@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 75

## Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM



Die Wissenschaftler\*innen des Fraunhofer IEM feierten im Jahr 2022 eine besondere Taufe: Im norwegischen Stavanger gaben sie dem Demonstratorschiff des EU-Projektes TrAM (Transport: Advanced and Modular) den Namen Medstraum (Norwegisch für Strom oder Gleichstrom). Die weltweit erste elektrisch betriebene Hochgeschwindigkeitsfähre ist ein Meilenstein für den Ausbau eines nachhaltigen Verkehrssystems.

Die erarbeiteten modularen Engineering-Methoden sparen für künftige Fährprojekte 70 Prozent Entwicklungszeit und 25 Prozent Herstellungskosten ein. Um Fähren, die für gewöhnlich aufwendige und langwierige Einzelfertigungen sind, schneller und günstiger bauen zu können, setzte das EU-weite TrAM-Projekt konsortium auf das Prinzip der Modularisierung. Wiederverwendbare Bausteine für Entwicklung und Produktion sollen den Schiffsbau deutlich schneller, effizienter und damit wettbewerbsfähiger machen.

### Baukastenprinzip reduziert Entwicklungszeit von Elektro-Fähren um 70 Prozent

Das Fraunhofer IEM verantwortet die Entwicklung einer ganzheitlichen Methodik, die die maritime Industrie künftig bei Entwurf und Bau modularer Fähren unterstützt. Mit Model-Based Systems Engineering erarbeiteten die Forscher\*innen ein gemeinsames Verständnis zwischen allen Entwicklungspartner\*innen. Dreh- und Angelpunkt ist ein Systemmodell, das Komplexitäten und Abhängigkeiten in der Entwicklung transparent und handhabbar macht. Der Clou: Das Systemmodell ist lösungsneutral und flexibel einsetzbar – ein Meilenstein im Schiffsbau. Die Analyse der Anforderungen

verschiedener Fährtypen liefert Standardelemente für die Entwicklung, ähnlich einem Baukastenprinzip.

### Engineering für eine faire klimaneutrale Wirtschaft

Weitere Projekte des Fraunhofer IEM erforschen, wie Unternehmen KI zielgerichtet einsetzen und Software kooperativ entwickeln. Im Jahr 2022 startete das Fraunhofer IEM mehrere Projekte, die an Methoden und Ansätzen arbeiten, um die Dimension Nachhaltigkeit bereits in der Entwicklung optimal zu berücksichtigen. Denn: Im Engineering nimmt die Nachhaltigkeit eines Unternehmens ihren Anfang. Hier werden Weichen für die gesamte Wertschöpfung gelegt. So untersuchen die Wissenschaftler\*innen im it's OWL-Projekt EcoTwin die verschiedensten Anwendungen eines grünen Digitalen Zwillinges entlang des Produktlebenszyklus und in verschiedenen Unternehmensbereichen – auch anhand von Anwendungsfällen beim Projektpartner Kannegiesser. Durch das Vernetzen bisher isolierter Datensilos werden beispielsweise Umweltwirkungen und Energiebilanz aller Aktivitäten über den gesamten Lebenszyklus sichtbar.

Das it's OWL-Projekt ZirkuPro fokussiert die zirkuläre Produktentstehung – die große Potenziale für ressourcenschonendes Wirtschaften und eine nachhaltige Entwicklung bietet. Zusam-

## Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM

The Fraunhofer IEM scientists marked a special occasion in 2022: They named the EU project TrAM's (Transport: Advanced and Modular) demonstrator ship Medstraum (Norwegian for current or direct current) in Stavanger, Norway. The world's first electrically powered high-speed ferry is a major achievement on the way to developing a sustainable transport system.

The resulting modular engineering methods will save 70 percent of development time and 25 percent of the manufacturing costs for future ferry projects. Other projects are investigating how companies can use AI in a targeted way and how software can be developed cooperatively. In an effort to speed up and reduce the cost of building ferries, which are usually costly and lengthy one-offs, the EU-wide TrAM project consortium relied on the principle of modularisation. The idea is to reuse development and production modules to make shipbuilding significantly faster, more efficient and, therefore, more competitive.

### Modular principle reduces the development time of electric ferries by 70 percent

Fraunhofer IEM is responsible for developing a holistic methodology that will support the maritime industry in the future design and construction of modular ferries. The researchers used model-based systems engineering to develop a mutual understanding between all the development partners. At the core of the process is a system model that makes complexities and interdependencies in the development process both transparent and manageable. The highlight: This system model is solution-neutral and versatile in use – a real benchmark in

shipbuilding. By analysing the requirements of different ferry types, it is possible to identify standard elements for development, similar to a modular design principle.

### Engineering for a fair climate-neutral economy

In 2022, Fraunhofer IEM launched several projects focusing on methods and approaches that optimally consider the dimension of sustainability from as early as the development stage. After all: The sustainability of a company finds its footing in engineering. It is here that the foundations are laid for the entire value chain. The scientists in the it's OWL EcoTwin project are investigating how a green digital twin can be used along the product life cycle as well as in a variety of areas of the company – including use cases with project partner Kannegiesser. By networking previously isolated data silos, for example, it is possible to visualise the environmental impact and energy balance of all activities over the entire life cycle.

The it's OWL ZirkuPro project focuses primarily on circular product creation, which, as part of the circular economy, harbours great potential in terms of resource-saving management and sustainable development. Fraunhofer IEM is working together with Miele and Diebold Nixdorf to research how companies can

men mit Miele und Diebold Nixdorf erforscht das Fraunhofer IEM, wie Unternehmen ihre Produktentstehung künftig zielgerichtet aufstellen und so die Auswirkungen etwa von Designentscheidungen auf die gesamte Wertschöpfung deutlich machen. Der Frage, wie in Zukunft eine sichere und bezahlbare Stromversorgung gewährleistet werden kann, gehen die Wissenschaftler\*innen im BMWK-Projekt Denergetic nach. Ansatz ist ein intelligentes Energiemanagement-System, das prototypisch mit den Stadtwerken Bad Salzungen, Miele, aov IT.Services und Viessmann Climate Solutions aufgebaut wird.

### KI konkret: Spannende Lösungen mit Düspohl und Benteler

Künstliche Intelligenz bietet große Potenziale – für neue Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle. Wie genau sieht der Einsatz der Technologie aber in der Praxis aus? Gemeinsam mit Düspohl Maschinenbau und Benteler hat das Fraunhofer IEM im Jahr 2022 zwei überzeugende Lösungen vorgestellt. Mit einem intelligenten Schleifsystem automatisierte das Fraunhofer IEM erstmalig die Bearbeitung komplexer Werkstoffe beim Maschinenbauer Düspohl. Durch den Einsatz künstlicher Intel-



Die Entwicklung von Fahrzeugelektrik und -elektronik wird immer anspruchsvoller: Unternehmen müssen klassische Zuliefererketten durchbrechen und Software in übergreifenden Teams kollaborativ entwerfen.

Developing vehicle electrics and electronics is becoming increasingly challenging: Companies must break away from traditional supply chains and collaboratively design software in cross-functional teams.

lizenziert arbeitet das System 40 Prozent schneller als mit konventionellen Methoden. Um Unternehmen die Scheu vor dem Einsatz künstlicher Intelligenz zu nehmen, setzt das Fraunhofer IEM auf hybride Modellbildung: Eine robuste Regelung fungiert als Leitplanke. Sie hält den Schleifprozess zuverlässig im gewünschten Betriebsbereich und verhindert Fehler. Eine robuste künstliche Intelligenz analysiert den Prozess parallel und verbessert ihn im laufenden Betrieb.

Um die Qualitätsprüfung der Warmumformung zu optimieren, erarbeiteten Benteler und das Fraunhofer IEM eine intelligente Anomalie-Erkennung. Dafür gleicht eine künstliche Intelligenz

Live-Sensordaten wie die Kühlwassertemperatur und -menge aus der Produktion mit Simulationsdaten ab und berücksichtigt zusätzliche Faktoren wie Umgebungsbedingungen und Produktionseinstellungen. Zusätzlich liefern Thermografiekameras kontinuierlich Informationen über die Wärmeverteilung in den Bauteilen. Auf dieser Basis leistet die KI eine wertvolle Entscheidungshilfe, welche Produkte die Mitarbeiter\*innen in eine zusätzliche Qualitätsprüfung geben sollten.

### Software für autonomes Fahren unternehmensübergreifend entwickeln

Das selbstfahrende Auto ist ein komplexes vernetztes System. Fahrzeugelektrik und -elektronik werden dadurch immer anspruchsvoller: Mehr Funktionen und eine höhere technische Komplexität auf der einen Seite. Eine Vielzahl an beteiligten Akteur\*innen auf der anderen Seite. Erfolgsrezept ist hier die unternehmensübergreifende, normenkonforme und sichere Zusammenarbeit von Softwareentwickler\*innen. Um diese Kooperation zu ermöglichen, definierte das Fraunhofer IEM mit dem Konsortium des EU-Projekts Panorama offene De-facto-Standards, Tools und Best Practices für den Austausch formaler Systemmodelle und stellte sie als Open Source-Ökosystem bereit. So ermöglicht die Entwicklungsplattform Eclipse APP4MC mithilfe des offenen Austauschformats Amalthea das unternehmensübergreifende Entwickeln und Managen komplexer Werkzeugketten für die Fahrzeugelektronik und -software. Das Fraunhofer IEM erforschte mögliche organisatorische Herausforderungen und Gefahren für die Datensicherheit und den Schutz geistigen Eigentums – und formulierte Handlungsempfehlungen, mit denen Unternehmen Sicherheitsrisiken minimieren und einen vertrauensvollen Informationsaustausch untereinander pflegen können. Außerdem fokussierten die Wissenschaftler\*innen das Nachverfolgen von Softwareanforderungen entlang des Entwicklungsprozesses: Mit MEMO (Multi-objective Evolution of Models) entstand ein Framework für das offene Traceability-Management-Werkzeug Eclipse Capra, das diese wichtige Arbeit automatisiert.



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)



Modulares Engineering für die Klimawende: Im EU-Projekt TrAM erforschten Jan-Philipp Disselkamp (v.l.), Dr. Christoph Jürgenhake und Tobias Seidenberg die nachhaltige Entwicklung von Passagierfähren. Modular engineering for climate change: Jan-Philipp Disselkamp, Dr. Christoph Jürgenhake and Tobias Seidenberg (LTR) researched the sustainable development of passenger ferries in the EU TrAM project.

structure their future product creation processes in a targeted manner and thus identify the effects of design decisions on the entire value chain, for example. The BMWK project Denergetic is exploring the ways in which a secure and affordable power supply can be guaranteed in the future. They are working on an intelligent energy management system that is being developed as a prototype in cooperation with Stadtwerke Bad Salzungen, Miele, aov IT.Services and Viessmann Climate Solutions.

### AI in action: Exciting solutions with Düspohl and Benteler

Artificial intelligence has a lot of potential for new products, processes and business models. But exactly how will the technology be used in practice? In collaboration with Düspohl Maschinenbau and Benteler, Fraunhofer IEM unveiled two impressive solutions in 2022. Fraunhofer IEM was able to automate the machining of complex materials at Düspohl, a machine builder, for the first time thanks to an intelligent grinding system. By using artificial intelligence, the system works 40 percent faster than with conventional methods. Fraunhofer IEM uses hybrid modelling to help companies overcome their reluctance to use artificial intelligence: A robust control system serves as a safety barrier. It ensures that the grinding process remains within the desired operating range and prevents errors. A reliable artificial intelligence system analyses the process simultaneously and refines it during operation.

In order to optimise hot-forming quality inspection, Benteler and Fraunhofer IEM devised an intelligent anomaly detection system. This is achieved through an artificial intelligence system that compares live sensor data, such as the cooling water temperature and volume from production, with simulation data as well as considers additional factors such as ambient conditions and production settings. Furthermore, thermographic cameras provide continuous data about the heat distribution

in the components. The AI uses this data to provide valuable information for deciding which products should be subjected to an additional quality check by employees.

### Cross-company development of autonomous driving software

The self-driving car is a complex networked system. Vehicle electrics and electronics are becoming increasingly more sophisticated as a result. On the one hand, there are more functions and a greater technical complexity, and on the other hand, there are many parties involved. The recipe for success lies in cross-company, standard-compliant and trusted cooperation between software developers. In order to ensure successful cooperation, Fraunhofer IEM and the consortium of the EU Panorama project defined open de facto standards, tools and best practices regarding the exchange of formal system models and made these available as an open source ecosystem. For example, the Eclipse APP4MC development platform supports cross-company development and management of complex tool chains relating to vehicle electronics and software through the open exchange format Amalthea. Fraunhofer IEM explored potential organisational challenges as well as data security and intellectual property protection risks and then recommended actions that companies can take to minimise security risks while maintaining a trustworthy exchange of information. The scientists are also investigating how to better track software requirements along the development process: MEMO (Multi-objective Evolution of Models) is a framework for the open traceability management tool Eclipse Capra that automates this important work.



Hand angelegt wird nur noch zum Prüfen: Düspohl setzt auf vertrauenswürdige künstliche Intelligenz, um einen bisher rein händischen Schleifprozess zu automatisieren.

Manual intervention is only necessary for testing: Düspohl relies on trusted artificial intelligence to automate a previously manual-only grinding process.



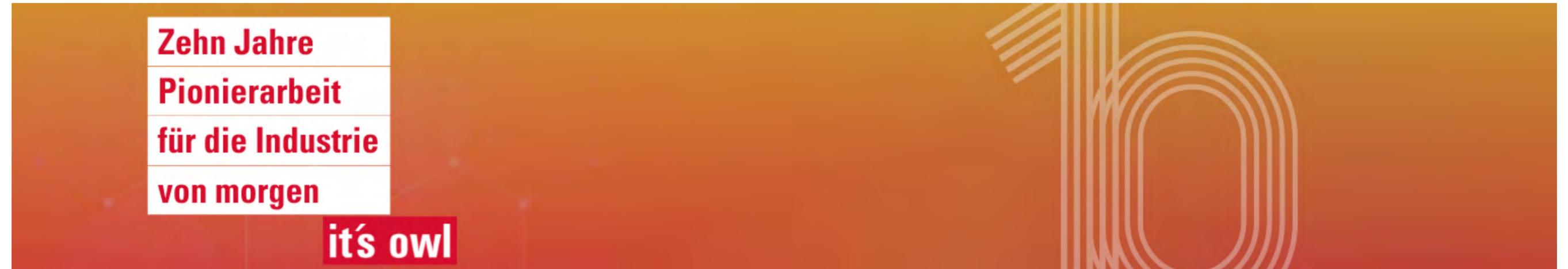
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler  
E-mail: [ansgar.traechtler@hni.upb.de](mailto:ansgar.traechtler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 77



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

## it's OWL: Zehn Jahre Pionierarbeit für die Industrie der Zukunft

Spitzencluster feiert Jubiläum und präsentiert besondere Plattform



Der Spitzencluster it's OWL hat sich mit über 220 Unternehmen und Forschungseinrichtungen als Wegbereiter für die Industrie von morgen etabliert. In rund 90 Projekten mit einem Gesamtvolumen von 220 Millionen Euro wurden neue Technologien und Anwendungen für den Mittelstand entwickelt. Das Heinz Nixdorf Institut, rund um den ehemaligen Clusterboard-Vorsitzenden Professor Jürgen Gausemeier, ist dabei ein wichtiger Impulsgeber.

„it's OWL zeigt, was wir in OstWestfalenLippe erreichen können, wenn wir unsere Kräfte in Wirtschaft und Wissenschaft bündeln. Mit den Kompetenzen unserer Unternehmen und Forschungseinrichtungen und einem aktiven Netzwerk haben wir die besten Voraussetzungen, um den Mittelstand in OWL fit für die Zukunft zu machen. Denn die vielen Herausforderungen – von Digitalisierung, Nachhaltigkeit, Lieferketten und Rohstoffpreisen bis zur Fachkräftesicherung – können Unternehmen nicht alleine lösen“, erläutert Dr. Stefan Breit, Geschäftsführer Miele und Vorsitzender des Clusterboards.

Seit 2012 hat der Spitzencluster it's OWL rund 90 Projekte umgesetzt, in denen konkrete Lösungen für die Industrie von morgen entwickelt wurden und werden. Dabei geht es um künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen in der Fertigung, intelligente Produktentwicklung, neue Geschäftsmodelle und die Arbeitswelt der Zukunft. In über 350 Transferprojekten konnten kleine und mittlere Unternehmen das Wissen nutzen, um konkrete Herausforderungen zu lösen und erste Schritte auf dem Weg zu Industrie 4.0 zu gehen.

### Ministerin lobt it's OWL

Mona Neubaur, Ministerin für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, lobt den Pioniergeist des Technologie-Netzwerks: „Der Spitzencluster it's OWL setzt Maßstäbe für technologischen Fortschritt und eine zukunftsweisende Transformation unseres industriellen Mittelstands in Nordrhein-Westfalen. Der Pioniergeist, der hier vorgelebt wird, ist genau das, was wir brauchen, um die Herausforderungen der aktuellen Krise zu meistern und unser Ziel einer klimaneutralen Wirtschaft weiter voranzubringen. Die Landesregierung setzt auf den jahrelangen erfolgreichen Schulterschluss zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik und wird den Spitzencluster als Leuchtturmprojekt der Region auch weiterhin unterstützen.“

### Von einer kühnen Idee zum Leuchtturm für den Hightech-Standort

Die Idee für it's OWL ist 2011 aus der Regionalentwicklung bei der OstWestfalenLippe GmbH entstanden. Die Gesellschaft hatte unter der Federführung von Karl-Heinz Stiller, damaliger Aufsichtsratsvorsitzender der Wincor Nixdorf AG, eine Innovationsoffensive umgesetzt, um die Infrastruktur für den Mittelstand und die Zusammenarbeit von Wirtschaft und

## it's OWL: Ten years of pioneering work for tomorrow's industry **it's owl**

Leading-Edge Cluster celebrates anniversary and presents special platform

With more than 220 companies and research institutions, the it's OWL excellence cluster has established itself as a pioneer for tomorrow's industry. New technologies and applications for SMEs have been developed in around 90 projects with a total volume of 220 million euros. The Heinz Nixdorf Institute, headed by the former chairman of the cluster board, Professor Jürgen Gausemeier, is an important driving force.

“it's OWL shows what we can achieve in the region of OstWestfalenLippe (OWL) when we join forces in business and science. With the competencies of our companies and research institutions and an active network, we have the best prerequisites for making SMEs in OWL fit for the future. After all, companies cannot solve the many challenges – from digitalisation, sustainability, supply chains and raw material prices to securing skilled labour – on their own,” explains Dr. Stefan Breit, Managing Director of Miele and Chairman of the cluster board.

Since 2012, the Leading-Edge Cluster it's OWL has implemented around 90 projects in which concrete solutions for tomorrow's industry have been and are being developed. These projects focus on artificial intelligence and machine learning in manufacturing, intelligent product development, new business models and the working world of the future. In more than 350 transfer projects, small and medium-sized enterprises have been able to use the knowledge to solve concrete challenges and take their first steps on the road to “Industrie 4.0”.

### Minister praises it's OWL

Mona Neubaur, Minister for Economic Affairs, Industry, Climate Action and Energy of the State of North Rhine-Westphalia,

praises the pioneering spirit of the technology network: “The it's OWL Leading-Edge Cluster sets standards for technological progress and a forward-looking transformation of our industrial SMEs in North Rhine-Westphalia. The pioneering spirit exemplified here is exactly what we need to master the challenges of the current crisis and to further advance our goal of a climate-neutral economy. The state government is counting on years of successful collaboration between business, science and politics and will continue to support the Leading-Edge Cluster as a lighthouse project for the region.”

### From a bold idea to a beacon for the high-tech location

The idea for it's OWL grew out of the regional development agency OstWestfalenLippe GmbH in 2011. Under the leadership of Karl-Heinz Stiller, then Chairman of the Supervisory Board of Wincor Nixdorf AG, the company had implemented an innovation offensive to strengthen the infrastructure for small and medium-sized businesses and the cooperation between business and science. The application for the Leading-Edge Cluster competition under the leadership of Professor Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institute, Paderborn University) was the logical next step – but proved to be a major effort. The task

Wissenschaft zu stärken. Die Bewerbung beim Spitzencluster Wettbewerb unter der inhaltlichen Federführung von Professor Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn) war die konsequente Weiterentwicklung – erwies sich aber als großer Kraftakt. Galt es doch, eine gemeinsame Strategie für den Industriestandort OWL und Umsetzungsprojekte im Umfang von 80 Millionen Euro zu entwickeln, an denen sich die regionale Wirtschaft mit 40 Millionen Euro beteiligt. Und sich in einem hochkarätigen Teilnehmerfeld von 24 Regionen durchzusetzen. Die Bemühungen wurden von Erfolg gekrönt: Am 19. Januar 2012 wurde it's OWL von der Wettbewerbsjury als Spitzencluster der Bundesregierung ausgewählt.

Was folgt, war eine einzigartige Erfolgsgeschichte. „Der Spitzencluster hat sich als Motor für die Regionalentwicklung in OWL etabliert und viele neue Projekte und Initiativen ermöglicht. Gleichzeitig hat it's OWL eine enorme Sichtbarkeit entfaltet und wesentlich dazu beigetragen, die Bekanntheit der Region und das Image als Hightech-Standort mit attraktiven Arbeitsplätzen in Wirtschaft und Wissenschaft zu verbessern“, erläutert Herbert Weber, Geschäftsführer it's OWL und OstWestfalenLippe GmbH. So hat it's OWL zahlreiche Auszeichnungen gewonnen, wie beispielsweise den Industriepreis auf der Hannover Messe. Überregionale und internationale Leitmedien haben über it's OWL berichtet – wie der Economist und die japanische Zeitung Asahi Shimbun, eine der größten Tageszeitungen der Welt.

### Motor für Innovationen und neue Märkte

Der Spitzencluster leistet wichtige Beiträge, um die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken. „Die Unternehmen nutzen die Ergebnisse aus den Projekten für neue Produkte und Services, aber auch für die Verbesserung ihrer Prozesse. Mit unserer Innovationsplattform machen wir Technologien, Anwendungen und Erfahrungen aus den Projekten für andere Unternehmen verfügbar. Und in unseren Transferprojekten können kleine und mittlere Unternehmen die Ergebnisse mit Förderung des Landes übertragen“, fasst Professor Roman Dumitrescu, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement und Vorstand Heinz Nixdorf Institut, zusammen.

Bei Beckhoff, Automatisierungsspezialist aus Verl, konnten die Projektergebnisse für neue Produkte genutzt werden. Damit gelingt es beispielsweise ihrem Kunden nobilia, täglich 3.800 individuelle Küchen automatisiert zu produzieren. Bäckereimaschinen-Hersteller WP Kemper aus Verl hat im Spitzencluster gemeinsam mit Forschungseinrichtungen eine Knetmaschine entwickelt, bei der Knetmaschinen die Qualität des Teigs wie die Hände einer Bäckerin/eines Bäckers fühlen können. Das Wissen der Bäckerin/des Bäckers wird in die Maschine integriert, sodass auch weniger qualifiziertes Personal die Maschinen bedienen können. Dadurch kann WP Kemper Wachstumsmärkte in Afrika, Asien und Südamerika erschließen.



Freuen sich über 10 Jahre Spitzencluster it's OWL (v.l.)/ Happy about the 10th anniversary of the it's OWL Leading-Edge Cluster (LTR): Dr. Eduard Sailer (Geschäftsführer Miele i. R.), Professor Jürgen Gausemeier (Vorsitzender Clusterboard i. R.), Frank Maier (Vorstand Lenze SE, stellvertr. Vorsitzender Clusterboard it's OWL), Günter Korder (Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement GmbH), Marianne Thomann-Stahl (Regierungspräsidentin Bezirksregierung Detmold), Dr. Stefan Breit (Geschäftsführer Miele, Vorsitzender Clusterboard it's OWL), Professor Roman Dumitrescu (Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement und Vorstand Heinz Nixdorf Institut Universität Paderborn), Dr. Mareen Vaßholz (Vize Präsident WAGO), Petra Pigert-Radtke (Hauptgeschäftsführerin IHK Ostwestfalen), Herbert Weber (Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement und OstWestfalenLippe GmbH i. R.), Professor Ingeborg Schramm-Wölk (Präsidentin Fachhochschule Bielefeld, stellvertr. Vorsitzende Clusterboard it's OWL).

was to develop a joint strategy for the industrial location OWL and implementation projects worth 80 million euros, with the regional economy contributing 40 million euros. It was also to prevail in a top-class field of participants comprising 24 regions. The efforts were crowned with success: On 19 January 2012, it's OWL was selected by the competition jury as a Leading-Edge Cluster of the German government.

What followed was a unique success story. “The Leading-Edge Cluster has established itself as a driver for regional development in OWL and enabled many new projects and initiatives. At the same time, it's OWL has developed enormous visibility and made a significant contribution to improving the region's profile and image as a high-tech location with attractive jobs in business and science,” explains Herbert Weber, Managing Director of it's OWL and OstWestfalenLippe GmbH. For example, it's OWL has won numerous awards, such as the Industry Award at the Hannover Messe. National and international leading media have reported on it's OWL – such as the Economist and the Japanese newspaper Asahi Shimbun, one of the largest daily newspapers in the world.

### Engine for innovations and new markets

The Leading-Edge Cluster makes important contributions to strengthening the innovative strength and competitiveness of companies. “The companies use the results from the projects for new products and services, but also to improve their processes. With our innovation platform, we make technologies, applications and experience from the projects available to other companies. In our transfer projects, small and medium-sized companies can transfer the results with funding from the state,” summarises Professor Roman Dumitrescu, managing director of it's OWL Clustermanagement and member of the board of directors of the Heinz Nixdorf Institute.

At Beckhoff, automation specialist from Verl, the project results could be used for new products. As a result, their customer nobilia, for example, is able to produce 3,800 individual kitchens automatically every day. Bakery machine manufacturer WP Kemper from Verl has developed a kneading machine in the Leading-Edge Cluster together with research institutions, in which the dough hook can feel the quality of the dough like the hands of a baker. The baker's knowledge is integrated into the machine so that less qualified personnel can also operate the machines. This enables WP Kemper to tap into growth markets in Africa, Asia and South America.

### Model region for sustainable value creation

The technology network is well positioned to meet the challenges of the future. “In recent years, we have built up short

paths, a trusting relationship, tried-and-tested formats and professional management. Our competencies in the areas of artificial intelligence and digitalisation are an important prerequisite for industry to successfully master the sustainable transformation. We want to further develop OWL into a model region for sustainable value creation,” says it's OWL Managing Director Günter Korder.

The universities in OWL play a decisive role in this. “The universities and universities of applied sciences in OWL are important competence partners in the Leading-Edge Cluster. We have built up extensive knowledge in numerous research projects. We want to make this available to industry together at it's OWL. Through joint research projects, transfer projects, continuing education programmes and individual support for companies. The exchange and cooperation with small and medium-sized businesses helps us to receive impulses from practice for our research and to take up challenges from industry at an early stage,” emphasises Professor Ingeborg Schramm-Wölk, Chairwoman of Campus OWL and President of Bielefeld University of Applied Sciences.

### it's OWL Makeathon #zeitenwendeowl: 15,000 euros for the right idea

Challenges from industry were also the focus of the it's OWL Makeathon #zeitenwendeowl, which the Leading-Edge Cluster organised with the Heinz Nixdorf Institute, among others. Sarah Schröder, Luca Hermes and Philip Kenneweg from Bielefeld University won in the field of data challenges at the event. With their programme, companies can recognise when high and expensive energy consumption is imminent and take countermeasures at an early stage. They will receive prize money of 10,000 euros for this. The approach is to be further developed as part of an it's OWL project with up to 1 million euros in funding. The winners of the so-called ideation challenges are Magdalena Förster, David Gense, Maurice Moszczynski and Giulia Neumann (Wago and Fraunhofer IEM). They will be awarded prize money of 5,000 euros for their innovative idea for saving energy in industrial laundries. A total of 120 creative minds worked on 19 tasks (challenges) set by 20 companies from OWL at the it's OWL Makeathon on 21 – 23 September. The prize money of 15,000 euros was provided by savings bank Sparkasse Paderborn-Detmold.

it's OWL Managing Director Günter Korder is enthusiastic about the results: “In these difficult times, companies need to break new ground. Our Makeathon is exactly the right way. The 27 teams with young professionals from companies, universities, research institutions and start-ups have done an excellent job. I am convinced that the companies will implement many of the

### Modellregion für nachhaltige Wertschöpfung

Das Technologie-Netzwerk ist gut für die Herausforderungen der Zukunft aufgestellt. „Wir haben in den vergangenen Jahren kurze Wege, einen vertrauensvollen Umgang, praxiserprobte Formate und ein professionelles Management aufgebaut. Unsere Kompetenzen in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Digitalisierung sind eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Industrie die nachhaltige Transformation erfolgreich bewältigt. Wir wollen OWL zur Modellregion für nachhaltige Wertschöpfung weiterentwickeln“, sagt it's OWL Geschäftsführer Günter Korder.

Dabei spielen die Hochschulen in OWL eine entscheidende Rolle. „Die Universitäten und Fachhochschulen in OWL sind wichtige Kompetenzpartner im Spitzencluster. Wir haben in zahlreichen Forschungsprojekten ein umfangreiches Wissen aufgebaut. Das wollen wir bei it's OWL gemeinsam für die Industrie verfügbar machen – durch gemeinsame Forschungsprojekte, Transferprojekte, Weiterbildungsangebote und eine individuelle Begleitung von Unternehmen. Der Austausch und die Zusammenarbeit mit dem Mittelstand hilft uns, für unsere Forschung Impulse aus der Praxis zu erhalten und Herausforderungen der Industrie frühzeitig aufzunehmen“, unterstreicht Professor Ingeborg Schramm-Wölk, Vorsitzende Campus OWL und Präsidentin der Fachhochschule Bielefeld.

### it's OWL Makeathon #zeitenwendeowl: 15.000 Euro für die richtige Idee

Um Herausforderungen aus der Industrie ging es auch beim it's OWL Makeathon #zeitenwendeowl, den der Spitzencluster unter anderem mit dem Heinz Nixdorf Institut organisierte. Sarah Schröder, Luca Hermes und Philip Kenneweg von der Universität Bielefeld haben bei der Veranstaltung im Bereich der Daten-Challenges gewonnen. Mit ihrem Programm können Unternehmen erkennen, wann ein hoher und teurer Energieverbrauch droht, und frühzeitig gegensteuern. Dafür erhalten sie ein Preisgeld in Höhe von 10.000 Euro. Der Ansatz soll im Rahmen eines it's OWL-Projekts mit bis zu 1 Million Euro Förderung weiterentwickelt werden. Gewinner der Ideen-Challenges sind Magdalena Förster, David Gense, Maurice Moszczyński und Giulia Neumann (Wago und Fraunhofer IEM). Sie werden für ihre innovative Idee zum Energiesparen in Großwäschereien mit einem Preisgeld in Höhe von 5.000 Euro ausgezeichnet. Insgesamt haben 120 kreative Köpfe vom 21. bis 23. September 2022 beim it's OWL Makeathon an 19 Aufgaben (Challenges) gearbeitet, die 20 Unternehmen aus OWL gestellt haben. Das Preisgeld in Höhe von 15.000 Euro wurde von der Sparkasse Paderborn-Detmold bereitgestellt.

it's OWL-Geschäftsführer Günter Korder ist begeistert von den Ergebnissen: „In diesen schwierigen Zeiten müssen Unterneh-



Die Gewinnerteams und Jury des it's OWL Makeathons: Insgesamt haben 120 kreative Köpfe vom 21. bis 23. September 2022 beim it's OWL Makeathon an 19 Aufgaben (Challenges) gearbeitet, die 20 Unternehmen aus OWL gestellt haben.

The winning teams of the it's OWL Makeathon and the jury: A total of 120 creative minds worked on 19 tasks (challenges) set by 20 companies from OWL at the it's OWL Makeathon #zeitenwendeowl.

men neue Wege gehen. Der Makeathon ist genau der richtige Weg. Die 27 Teams mit Nachwuchskräften aus Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Start-ups haben exzellente Arbeit geleistet. Ich bin überzeugt, dass die Unternehmen viele der Ideen verwirklichen. Und die Teilnehmer\*innen konnten neue Methoden der Innovationsentwicklung ausprobieren, Erfahrungen sammeln und Kontakte knüpfen“. Der Spitzencluster it's OWL organisierte den Makeathon zusammen mit seinen Initiativen KI-Marktplatz und dem Kompetenzzentrum Arbeitswelt.Plus sowie dem Fraunhofer IEM und dem Heinz Nixdorf Institut.

Bei so vielen guten Ideen und enormer Dynamik stand die Jury vor einer schwierigen Entscheidung: „Die Präsentationen waren auf einem sehr hohen Niveau. Es hat gutgetan, die vielen inspirierenden Ideen und die tatkräftigen Teams zu sehen. Sie sind Mutmacher in der Zeitenwende. Wir sollten die Ideen der Teams und die Aufbruchstimmung des Makeathons mit in die Unternehmen nehmen“, sagt Andreas Trotz. Der Sparkassen-Vorstand hat am Freitagabend zusammen mit Dr. Stefan Breit (Miele), Oliver Flaskämper (Priority AG), Frank Maier (Lenze) und Almut Rademacher (owl maschinenbau e. V.) die Gewinnerteams des Makeathons ausgewählt.

### Makeathon ist ein Erfolgsformat

Ein Makeathon ist ein Wettbewerb, bei dem Teams zusammenarbeiten, um neue Produkte oder Lösungen für bestehende Probleme zu entwickeln. Der Begriff setzt sich zusammen aus „make“ (Englisch für „machen“) und Marathon. Insgesamt 20 Unternehmen suchten beim Makeathon #zeitenwendeowl Lösungen für ihre konkreten Herausforderungen. Darunter waren it's OWL-Unternehmen wie Weidmüller, Miele, NTT Data Business Solutions, Böllhoff, Kannegiesser oder Wago.

ideas. Participants were able to try out new methods of innovation development, gain experience and make contacts.“ The Leading-Edge Cluster it's OWL organised the Makeathon together with its initiatives AI Marketplace and Competence Center Arbeitswelt.Plus as well as Fraunhofer IEM and the Heinz Nixdorf Institute.

With so many good ideas and enormous dynamism, the jury faced a difficult decision: “The presentations were of a very high standard. It was good to see the many inspiring ideas and the energetic teams. They encourage us at this turning point in time. We should take the ideas of the teams and the spirit of optimism of the Makeathon back to the companies,” says Andreas Trotz. On Friday evening, the Sparkasse board member, together with Dr. Stefan Breit (Miele), Oliver Flaskämper (Priority AG), Frank Maier (Lenze) and Almut Rademacher (owl maschinenbau e.V.), selected the winning teams of the Makeathon.

### Makeathon is a successful format

A Makeathon is a competition in which teams work together to develop new products or solutions to existing problems. The term is made up of “make” and “marathon”. A total of 20 companies sought solutions to their specific challenges at the #zeitenwendeowl makeathon. Among them were it's OWL companies such as Weidmüller, Miele, NTT Data Business Solutions, Böllhoff, Kannegiesser and Wago.

The challenges were divided into two types: In ideation challenges, participants developed creative ideas, concepts and models, while in data challenges, teams developed specific program codes to analyse and evaluate real company data.

The it's OWL Makeathon is a successful format. In 2020, it's OWL organised the Makeathon #horizonteOWL and was looking for ideas on how the economy can emerge stronger from the COVID-19 crisis. The winning idea was the app ‘Service-Navigator’. If a problem occurs on a machine, the app helps to categorise the error thanks to a diagnostic tool, among other things, and directly offers solutions to the problem. Subsequently, the winning team implemented the idea in the Leading-Edge Cluster with up to one million euros in funding. The Makeathon win and the it's OWL project gave rise to the start-up FINDIQ, among others.

### it's OWL innovation platform bundles knowledge from ten years of work

Successfully, it's OWL has launched a new platform: The Leading-Edge Cluster's innovation platform offers companies easy access to research results from ten years of work,

thus supporting them in putting new ideas into practice. In doing so, the platform is not only a social network, but also a regional knowledge base and an online marketplace for concrete offers and requests. The Heinz Nixdorf Institute is also represented on the platform as an organisation and with employees of the institute.

“With our new innovation platform, we make technologies, applications and experiences from the projects available to other companies and partners. Companies use the results from the projects for new products and services, but also to improve their processes,” says Dumitrescu, Managing Director of it's OWL Cluster Management.

In addition, companies can also use the platform to find and approach suitable contacts for a joint research project. The platform is structured like well-known social networks. Participants can present their organisation, share news and events, get inspired by trend topics and projects, but also specifically search for technologies, services or experts.

### Unique access to innovations

“We are thus creating a unique gathering point for innovations in OstWestfalenLippe and beyond,” says Christian Fechtelpeter. He is responsible for technology transfer in the Leading-Edge Cluster. All interested companies and persons can register on the platform free of charge.

“In addition to companies, we also address research institutions and multipliers,” says Fechtelpeter. Whether “Industrie 4.0” training, a workshop on systems engineering or start-up



Wie kann ein Roboter in der Küche unterstützen? Das neue it's OWL Projekt „Mensch-Roboter-Kollaboration in der Küche der Zukunft“ beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Service-Roboters, der den Geschirrspüler ein- und ausräumt. Insgesamt sechs neue Projekte starten 2023 im Spitzencluster, auch das Heinz Nixdorf Institut beteiligt sich an einem Projekt.

How can a robot provide support in the kitchen? The new it's OWL project „Human-Robot Collaboration in the Kitchen of the Future“ focuses on the development of a service robot that loads and unloads the dishwasher. A total of six new projects will start in 2023 in the Leading-Edge Cluster, and the Heinz Nixdorf Institute is also participating in a project.

Die Herausforderungen (Challenges) waren in zwei Arten unterteilt: In Ideation-Challenges entwickelten die Teilnehmenden kreative Ideen, Konzepte und Modelle, während die Teams in Data-Challenges spezifische Programm-Codes zur Analyse und Auswertung realer Unternehmensdaten erarbeiteten.

Der it's OWL Makeathon ist ein Erfolgsformat. Bereits 2020 veranstaltete it's OWL den Makeathon #horizonteOWL und suchte Ideen, wie die Wirtschaft gestärkt aus der Coronakrise kommt. Die Gewinner-Idee war 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. Im Anschluss hat das Gewinner-Team die Idee mit bis zu einer Million Euro Förderung im Spitzencluster umgesetzt. Aus dem damaligen Makeathon-Sieger und dem späteren it's OWL-Projekt ist unter anderem das Start-up FINDIQ entstanden.

### it's OWL Innovationsplattform bündelt Wissen aus zehn Jahren Arbeit

Erfolgreich hat it's OWL eine neue Plattform gestartet: Die Innovationsplattform des Spitzenclusters bietet Unternehmen einen einfachen Zugang zu Forschungsergebnissen aus zehn Jahren Arbeit und unterstützt sie so bei der Umsetzung neuer Ideen in die Praxis. Dabei ist die Plattform nicht nur ein soziales Netzwerk, sondern auch eine regionale Wissensbasis und ein Online-Marktplatz für konkrete Angebote und Gesuche. Auch das Heinz Nixdorf Institut ist als Organisation und mit Mitarbeitenden des Instituts auf der Plattform vertreten.

„Mit unserer neuen Innovationsplattform machen wir Technologien, Anwendungen und Erfahrungen aus den Projekten für andere Unternehmen und Partner\*innen verfügbar. Unternehmen nutzen die Ergebnisse aus den Projekten für neue Produkte und Services, aber auch für die Verbesserung ihrer Prozesse“, sagt Dumitrescu, Geschäftsführer it's OWL Cluster-management.

Zudem können Unternehmen über die Plattform auch geeignete Kontakte für ein gemeinsames Forschungsprojekt finden und ansprechen. Aufgebaut ist die Plattform wie bekannte soziale Netzwerke. Teilnehmende können ihre Organisation vorstellen, Nachrichten und Veranstaltungen teilen, sich von Trendthemen und Projekten inspirieren lassen, aber auch ganz konkret nach Technologien, Services oder Expert\*innen suchen.

### Einzigartiger Zugang zu Innovationen

„Damit schaffen wir einen einzigartigen Sammelpunkt für Innovationen in der Region OstWestfalenLippe und darüber hinaus“, sagt Christian Fechtelpeter. Er ist für den Technologie-

transfer im Spitzencluster verantwortlich. Alle interessierten Unternehmen und Akteur\*innen können sich auf der Plattform kostenlos anmelden.

„Neben Unternehmen sprechen wir auch Forschungseinrichtungen und Multiplikatoren an“, sagt Fechtelpeter. Ob Industrie 4.0-Schulung, ein Workshop zum Thema Systems Engineering oder Gründungscoaching: Forschungseinrichtungen wie die Hochschulen oder das Heinz Nixdorf Institut in OWL präsentieren ihre Projekte und konkrete Angebote auf der Plattform. Multiplikatoren und Transferpartner wie owl maschinenbau, die OstWestfalenLippe GmbH oder die IHK OstWestfalen stellen sich ebenfalls vor und erhalten gleichzeitig direkten Zugang zu Unternehmen und weiteren Partner\*innen.

### Wissen und Projektergebnisse aus zehn Jahren Arbeit

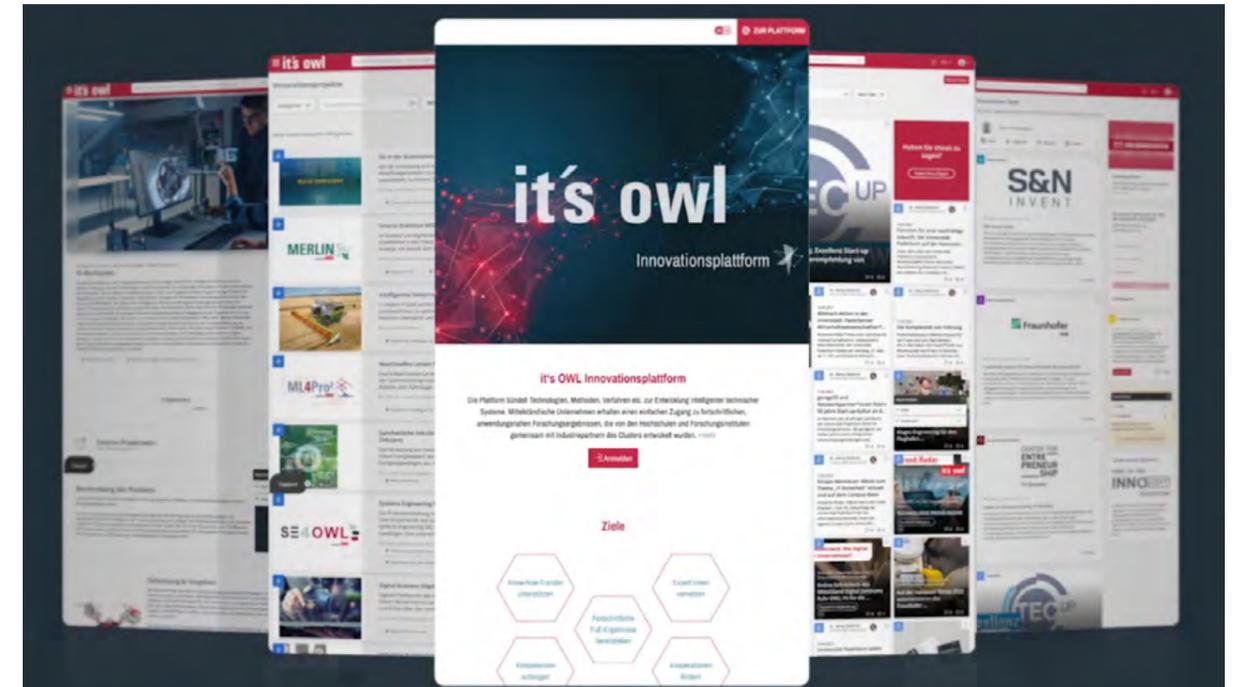
Die Basis der Plattform bildet die Forschungs- und Entwicklungsarbeit aus zehn Jahren Technologie-Netzwerk. Seit 2012 hat der Spitzencluster it's OWL rund 90 Innovationsprojekte umgesetzt, in denen konkrete Lösungen für die Industrie von morgen entwickelt wurden und werden. Dabei geht es um künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen in Produkten und Produktionssystemen, intelligente Entwicklung, Robotik und neue Geschäftsmodelle und die Arbeitswelt der Zukunft. In über 350 Transferprojekten konnten mittelständische Unternehmen das Wissen nutzen, um Herausforderungen zu lösen und erste Schritte auf dem Weg zu Industrie 4.0 zu gehen.

Das Wissen wird nun auf der Plattform aufbereitet und zugänglich gemacht. Dazu gehört auch der Aufbau einer Know-how-Sammlung, in der Lösungen, Anwendungen und Erfahrungen aus den Projekten gebündelt zugänglich gemacht werden. Und die Plattform kommt gut an: Über 300 Personen und rund 50 Unternehmen haben sich bereits angemeldet und eigene Profile, Projekte und Angebote angelegt.

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

 Gefördert durch: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

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



Die Innovationsplattform von it's OWL bietet Unternehmen einen einfachen Zugang zu Forschungsergebnissen aus zehn Jahren Arbeit und unterstützt sie so bei der Umsetzung neuer Ideen in die Praxis.

The new innovation platform from it's OWL offers companies easy access to research results from ten years of work, thus supporting them in putting new ideas into practice.

coaching: Research institutions such as the universities or the Heinz Nixdorf Institute in OWL present their projects and concrete offers on the platform. Multipliers and transfer partners such as owl maschinenbau, OstWestfalenLippe GmbH and the East Westphalia Chamber of Industry and Commerce also present themselves and gain direct access to companies and other partners.

### Knowledge and project results from ten years of work

The basis of the platform is the research and development work from 10 years of technology networking. Since 2012, the Leading-Edge Cluster it's OWL has implemented around 90 innovation projects in which concrete solutions for the industry of tomorrow have been and are being developed. These projects focus on artificial intelligence and machine learning in products and production systems, intelligent development, robotics and new business models, and the working world of the future. In more than 350 transfer projects, medium-sized companies have been able to use the knowledge to solve challenges and take the first steps on the road to "Industrie 4.0".

The knowledge is now being processed and made accessible on the platform. This includes the creation of a know-how collection in which solutions, applications and experiences from the projects are made accessible in a bundled form. The platform has been well received: Over 300 people and around 50 companies have already registered and created their own profiles, projects and offers.

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

 Supported by: Ministry of Economic Affairs, Industry, Climate Action and Energy of the State of North Rhine-Westphalia

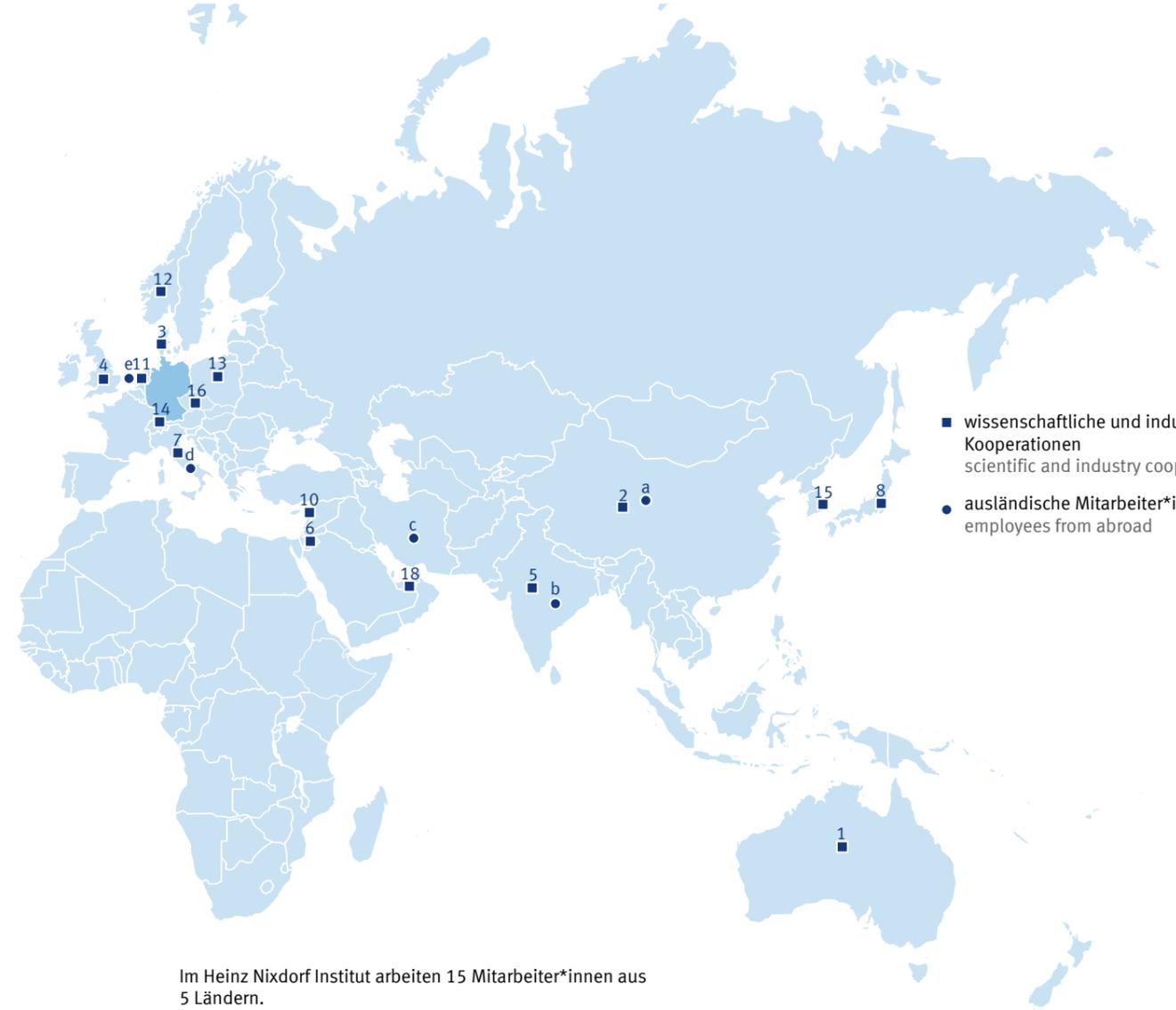
## Internationalität

Wir kooperieren mit 37 ausländischen Partnern.  
We cooperate with 37 partners from abroad.

- 1 | Australien Australia  
Monash University • Queensland University of Technology
- 2 | China China  
Qingdao University of Science and Technology • Shandong University
- 3 | Dänemark Denmark  
Technical University of Denmark
- 4 | England England  
University of Liverpool • University of Warwick • Loughborough University • National Physics Laboratory • Toshiba Europe Limited • University of Manchester
- 5 | Indien India  
IIT Kanpur
- 6 | Israel Israel  
University of Haifa • Israel Institute of Technology
- 7 | Italien Italy  
University of Trento
- 8 | Japan Japan  
Fujikura Ltd. • NTT Communication Science Laboratories
- 9 | Kanada Canada  
Carleton University
- 10 | Libanon Lebanon  
Lebanese American University
- 11 | Niederlande Netherlands  
Delft University of Technology • UT University of Twente • Noldus Information Technology • Vrije Universiteit
- 12 | Norwegen Norway  
University of South-Eastern Norway
- 13 | Polen Poland  
University of Warsaw
- 14 | Schweiz Switzerland  
École Polytechnique Fédérale de Lausanne • SonarSource
- 15 | Südkorea South Korea  
Korea Advanced Institute of Science and Technology
- 16 | Tschechien Czech Republic  
Charles University Prague
- 17 | USA USA  
Google • II-VI Incorporated • Mitsubishi Electric Research Laboratories • The George Washington University • University of California • University of Central Florida • University of Texas
- 18 | Vereinigte Arabische Emirate United Arab Emirates  
University of Dubai



## Internationality



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

Im Heinz Nixdorf Institut arbeiten 15 Mitarbeiter\*innen aus 5 Ländern.  
15 employees from 5 countries work at the Heinz Nixdorf Institute.

- a | China China
- b | Indien India
- c | Iran Iran
- d | Italien Italy
- e | Niederlande Netherlands

## Engagement in der Nachwuchsförderung



Wir engagieren uns intensiv in der Lehre und Ausbildung von Studierenden und Nachwuchswissenschaftler\*innen wie Doktorand\*innen, Habilitand\*innen und Juniorprofessor\*innen 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.

2022 haben mehr als 230 Studierende bei uns ihre Abschlussarbeit erstellt. 100 besonders begabte Absolvent\*innen sind auf dem Weg zur Promotion. Unser Engagement in der Nachwuchsförderung zeigt sich auch durch unsere Beteiligung an den beiden Forschungskollegs (Seite 22). 47 unserer Absolvent\*innen haben bereits Professuren.

### Vorbereitung auf eine Hochschulkarriere

Wir fördern nachdrücklich die Mitarbeiter\*innen, die eine Hochschulkarriere anstreben:

**Gleb Polevoy** ist Leiter der Fachgruppe „Algorithmische Spieltheorie“, die sich mit Spieltheorie und Approximationsalgorithmen beschäftigt. Er modelliert und analysiert Interaktionen und löst schwierige Optimierungsprobleme. In jüngster Zeit hat er die stabilen Zustände von Interaktionen auf Graphen und den Preis, der durch das Scheitern der Koordinierung entsteht, analysiert. Er modelliert auch die Art und Weise des Wechsels von einem stabilen Zustand in einen anderen stabilen Zustand mithilfe einer Gruppe von Agenten, die die anderen motivieren, sich ebenfalls zu verändern. Dies hat viele Auswirkungen auf den Wandel von Unternehmen und ganzen Gesellschaften in eine bessere Zukunft. Im Bereich der Algorithmik hat er auch ein

Interesse daran, die Annahmen einiger bekannter exakter Algorithmen zu lockern, auf Kosten einer Approximation des Ergebnisses, anstatt ein optimales Ergebnis zu finden. Er ist insbesondere Mitglied des Teilprojekts A3 des Sonderforschungsbereichs „On-The-Fly Computing“.

**Julia Timmermann** leitet die Nachwuchsforschungsgruppe „DART – Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik“. Ziel des Projekts ist es, neuartige hybride Methoden zu entwickeln, die Bestandteile aus klassischen regelungstechnischen Methoden mit maschinellem Lernen verbinden. Die Forschungsarbeiten zeigen, dass die Nutzung von physikalischem Vorwissen über mechatronische Systeme bei der Auslegung von hybriden Modellen und Reglern deutliche Vorteile bietet. Zum Beispiel untersucht die Gruppe probabilistische Gauß-Prozesse, welche in der Lage sind, Unsicherheiten über Modellfehler zu quantifizieren. Mit diesen zusätzlichen Informationen kann ein verbesserter Optimalsteuerungsentwurf durchgeführt werden. Eine Anwendung ist der Golfroboter, bei dem ein mechanisches Modell der Schlagbewegung vorgegeben und die Dynamik der Reibung und Aktorik durch den datengetriebenen Teil gelernt wird. Das Ergebnis ist eine Ansteuerung des Schlägers, sodass der Golfball energieeffizient und robust geputtet werden kann.

## 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. In addition to looking after our young talents' scientific qualifications, we also prepare them to take on roles of responsibility in business and science.

In 2022, more than 230 students wrote their thesis with us. 100 especially talented graduates are well on their way to successfully completing their post-graduate studies. Our commitment to developing young talent can also be seen in our involvement with the two “Forschungskollegs” (page 23). 47 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 and approximation algorithms. He models and analyses interactions and solves hard optimisation problems. Recently, he has been analysing the stable states of interactions on graphs and the price incurred by failures to coordinate. He also models the way to switch from a stable state to another stable state using a group of agents who motivate the others to change as well. This has many repercussions in transforming companies and whole societies to a brighter future. In the algorithmic domain, he also has an interest in relaxing the assumptions of some known exact algorithms at the expense of approximating the

result instead of finding an optimum one. He in particular is a member of the subproject A3 of Collaborative Research Center “On-The-Fly Computing”.

**Julia Timmermann** heads the junior research group “DART – Data Driven Methods in Control Engineering”. The goal of the project is to develop novel hybrid methods that combine components from classical control engineering methods with machine learning. The research shows that the use of prior physical knowledge about mechatronic systems offers significant advantages in the design of hybrid models and controllers. For example, the research group is investigating probabilistic Gaussian processes which are able to quantify uncertainties about model errors. With this additional information, improved optimal control design can be performed. One application is the golf robot, where a mechanical model of the stroke motion is given, and the dynamics of friction and actuation are learned by the data-driven part. The result is having a control of the club so that the golf ball can be putted in an energy-efficient and robust manner.

## Unsere Kooperationspartner in der Industrie

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



## Our partners in industry

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



## Berufsausbildung an unserem Institut

Das Heinz Nixdorf Institut hat die Kompetenz und die Infrastruktur, jungen Menschen eine Berufsausbildung zu ermöglichen. Wir engagieren uns hier seit Jahren; wir bilden Fachinformatiker\*innen Fachrichtung Systemintegration und Elektroniker\*innen für Geräte und Systeme aus. Im Moment werden drei Auszubildende auf ihr Berufsleben vorbereitet.

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

### Fachinformatiker, Fachrichtung Systemintegration

Fachinformatiker\*innen beherrschen technische und kaufmännische Grundlagen gleichermaßen. Sie setzen die fachlichen Anforderungen und Bedürfnisse der Benutzer in Hard- und Software um. Außerdem stehen sie für fachliche Beratung und Betreuung der Benutzer zur Verfügung. Der Alltag unserer Auszubildenden umfasst zum Beispiel das Konzipieren und Realisieren von Informations- und Kommunikationslösungen nach den gegebenen Anforderungen. Hierfür vernetzen sie Hard- und Softwarekomponenten zu komplexen Systemen. Nach ihrer Ausbildung arbeiten sie in Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftsbereiche, v. a. aber in der IT-Branche. Die Berufsausbildung dauert drei Jahre und schließt

» Die Arbeit mit Elektronik ist das, was mich an der Ausbildung fasziniert. «

» Working with electronics is what fascinates me about the training. «

Leon Kasdorf

## 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 40 junge Menschen eine Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen (sechs Elektroniker\*innen für Geräte und Systeme, eine Informatikkauffrau und 33 Fachinformatiker\*innen, Fachrichtung Systemintegration). Die aktuellen Auszubildenden sind:

Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Aaron Jay Flinn
- Leon Kasdorf

Fachinformatiker– Fachrichtung Systemintegration:

- Justus Feldmann

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, 40 young people have completed their apprenticeship with us (six Electronics technician for devices and systems, one Information technology officer and 33 Computer scientist, subject area system integration). The current trainees are:

Electronics technician for devices and systems:

- Aaron Jay Flinn
- Leon Kasdorf

Computer scientist, subject area system integration:

- Justus Feldmann

## Was wurde aus unseren Alumni?

1.

### Prof. Dr. rer. nat. Peter Kling

**Forschung:** Universität Hamburg  
Peter Kling ist Juniorprofessor für Informatik an der Universität Hamburg und leitet dort die Gruppe Theorie Effizienter Algorithmen (TEA). Seine Forschung zielt darauf ab, die grundlegenden Eigenschaften und Grenzen von algorithmischen Lösungen für Optimierungs- und Entscheidungsprobleme zu erforschen.  
*Promotion 2014 bei Prof. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn*

2.

### Dr.-Ing. Nico Rüdtenklau

**Unternehmen:** dSPACE GmbH  
Nico Rüdtenklau ist ein Applikationsingenieur bei der dSPACE GmbH in Paderborn. Dort betreut er Kundenprojekte im Umfeld der physikalisch basierten Simulation von Umfoldsensoren, wie RADAR, LIDAR oder Kamera, im automobilen Umfeld.  
*Promotion 2022 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*

3.

### Dr. rer. nat. Claudius Jähn

**Unternehmen:** DeepL SE, Köln  
Claudius Jähn ist bei dem führenden KI-basierten Übersetzungsdienst DeepL als VP Engineering für die Entwicklungsabteilung verantwortlich. Er beschäftigt sich mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Softwaredienste für professionelle Übersetzungen und deren Integration im B2B-Kontext.  
*Promotion 2015 bei Prof. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn*

4.

### Dr.-Ing. Sven Mertin

**Unternehmen:** Behr-Hella Thermocontrol GmbH  
Sven Mertin arbeitet als Software-Projektleiter bei der Behr-Hella Thermocontrol GmbH in Lippstadt. Er betreut dort Kundenprojekte im Bereich interaktiver Bedien- und Anzeigesysteme für den Fahrzeuginnenraum.  
*Promotion 2022 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn*

5.

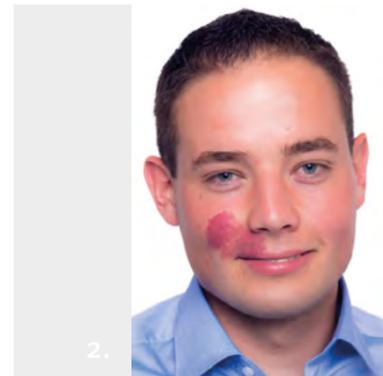
### Dr. rer. nat. Linghui Luo

**Unternehmen:** Amazon Web Services  
Linghui Luo ist als Applied Scientist tätig und arbeitet an dem Cloud-Dienst Amazon CodeGuru, der intelligente Empfehlungen zur Verbesserung der Codequalität und zur Ermittlung der teuersten Codezeilen einer Anwendung bereitstellt.  
*Promotion 2021 bei Prof. Bodden an der Universität Paderborn*

6.

### Jannik Reinhold

**Unternehmen:** WAGO GmbH & Co. KG  
Jannik Reinhold ist technischer Assistent des Leiters der Business Unit Interconnection bei der WAGO GmbH & Co. KG. Dort übernimmt er Verantwortung in operativen und strategischen Projekten im Kontext digitaler Marktleistungen. Darüber hinaus befasst er sich mit Wertschöpfungs- und Geschäftsmodellen als Basis für strategische Entscheidungen.  
*Promotion geplant 2023 bei Prof. Dumitrescu an der Universität Paderborn*



## Our graduates' careers

1.

### Prof. Dr. rer. nat. Peter Kling

**Research:** University of Hamburg  
Peter Kling is Assistant Professor of Computer Science at the University of Hamburg and heads the Theory of Efficient Algorithms (TEA) Group there. His research aims at exploring the fundamental properties and limits of algorithmic solutions to optimisation and decision problems.  
*Graduation in 2014 with Prof. Meyer auf der Heide at Paderborn University*

2.

### Dr.-Ing. Nico Rüdtenklau

**Company:** dSPACE GmbH  
Nico Rüdtenklau is an application engineer at dSPACE GmbH in Paderborn. There, he manages customer projects in the field of physics-based simulation of environmental sensors, such as RADAR, LIDAR or camera, in the automotive field.  
*Graduation in 2022 with Prof. Trächtler at Paderborn University*

3.

### Dr. rer. nat. Claudius Jähn

**Company:** DeepL SE, Cologne  
Claudius Jähn is responsible for the development department at the leading AI-based translation service DeepL as VP Engineering. He is involved in the continuous development of software services for professional translations and their integration in B2B contexts.  
*Graduation in 2015 with Prof. Meyer auf der Heide at Paderborn University*

4.

### Dr.-Ing. Sven Mertin

**Company:** Behr-Hella Thermocontrol GmbH  
Sven Mertin works as a software project manager at Behr-Hella Thermocontrol GmbH in Lippstadt. He is responsible for customer projects in the area of interactive control and display systems for vehicle interiors.  
*Graduation in 2022 with Prof. Trächtler at Paderborn University*

5.

### Dr. rer. nat. Linghui Luo

**Company:** Amazon Web Services  
Linghui Luo is an Applied Scientist working on the Amazon CodeGuru cloud service, which provides smart recommendations to improve code quality and identify the most expensive lines of code in a software application.  
*Graduation in 2021 with Prof. Bodden at Paderborn University*

6.

### Jannik Reinhold

**Company:** WAGO GmbH & Co. KG  
Jannik Reinhold is technical assistant to the vice president of the business unit interconnection at WAGO GmbH & Co. KG. He works in operational and strategic projects in the context of digital offerings. In addition, he develops value creation and business models as the basis for strategic decisions.  
*Graduation planned in 2023 with Prof. Dumitrescu at Paderborn University*

## Portraits der Fachgruppen



Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt, Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach, Prof. Dr. Eric Bodden, Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide, Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler, Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler, Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar, Prof. Dr. René Fahr, Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus, Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu (v. l./LTR)

### Fachgruppen des Instituts

#### Secure Software Engineering

Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme

Prof. Dr. Eric Bodden

#### Advanced Systems Engineering

Eine neue Perspektive für die Wertschöpfung von morgen

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

#### Nachrichtentechnik

Signalverarbeitung und maschinelle Lernverfahren für die Sprachsignale

Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach

#### 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

##### Angewandte Ethik, Technikethik

Reflexion der technisch-wissenschaftlichen Kultur

Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar

##### Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

## Workgroup portraits



### Workgroups of the institute

#### Secure Software Engineering

Safety and security for software-intensive systems

Prof. Dr. Eric Bodden

#### Advanced Systems Engineering

A new perspective for tomorrow's value creation

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

#### Communications Engineering

Signal processing and machine learning for speech signals

Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach

#### 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

##### Applied Ethics, Ethics of Technology

Reflecting techno-scientific cultures

Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar

##### 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/sse](http://www.hni.upb.de/sse)

## 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/sse](http://www.hni.upb.de/en/sse)

## Fachgruppe Secure Software Engineering

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 „Secure Software Engineering“ 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\*innen 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 sicherer Programmcodes aus abstrakten, teils menschenlesbaren Spezifikationen.

Unsere Arbeit umfasst u. a. folgende Forschungsthemen:

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

In diesem Jahr wurde die Dissertation „Improving Real-World Applicability of Static Taint Analysis“ von Linghui Luo mit dem Software Engineering-Award der Ernst-Denert-Stiftung ausgezeichnet, der höchsten Auszeichnung für Dissertationen in der Softwaretechnik im deutschsprachigen Raum. In den vergangenen sechs Jahren wurden insgesamt fünf Doktorand\*innen der Fachgruppe „Secure Software Engineering“ mit dem Preis ausgezeichnet; er ist mit 5.000 Euro dotiert. Frau Luo nahm den Preis im Februar auf der Software Engineering-Konferenz der Gesellschaft für Informatik entgegen. Seit Abschluss der Promotion ist sie als Applied Scientist bei Amazon Web Services derzeit in Berlin tätig.

Zum Jahresende ist eine weitere Dissertation zum Abschluss gebracht worden. Goran Piskachev, welcher im Oktober ebenfalls bereits zu Amazon Web Services nach Berlin gewechselt ist, verteidigte im Dezember seine Dissertation zum Thema „Adapting Taint Analyses for Detecting Security Vulnerabilities“. Herr Piskachev war viele Jahre, zuletzt als Gruppenleiter, am Fraunhofer IEM tätig.

## Workgroup Secure 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 “Secure 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 by developing software-based systems which include security as an integral part of the development process right from the very beginning. Therefore, we develop methods which enable software developers to ascertain all the security requirements from a holistic perspective and then compare them with attack models and threat levels.

In a second step, these requirements are compared with concrete implementation in program code. At this point, we primarily employ automatic code analysis tools which can, for example, apply the techniques of static or dynamic analysis, but we also make use of tools to 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 system

This year, Linghui Luo’s dissertation “Improving Real-World Applicability of Static Taint Analysis” was awarded the Software Engineering Award of the Ernst-Denert Foundation, the highest award for dissertations in software engineering in the German-speaking world. In the past six years, a total of five doctoral students of the “Secure Software Engineering” workgroup have been awarded the prize, which is endowed with 5,000 euros. Ms Luo accepted the award in February at the Software Engineering Conference of the Gesellschaft für Informatik. Since completing her doctorate, she has been working as an applied scientist at Amazon Web Services in Berlin.

At the end of the year, another dissertation was completed. Goran Piskachev, who also moved to Amazon Web Services in Berlin in October, defended his dissertation on “Adapting Taint Analyses for Detecting Security Vulnerabilities” in December. Mr Piskachev worked at Fraunhofer IEM for many years, most recently as a group leader.

## Wenn es ernst wird

Professor Eric Bodden berichtet in Keynotevortrag von Erfahrungen im industriellen Transfer mit einem führenden US-Unternehmen.

Wer im Internet nach „SCAM Conference“ sucht, findet zahlreiche Artikel zu Thema „Predatory Publishing“, also Konferenzen, die versuchen, Autor\*innen dazu zu bewegen, bei ihnen zu publizieren, um hiermit einen schnellen Euro zu machen. Die IEEE International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation – ebenfalls abgekürzt SCAM – ist jedoch ebenso eine renommierte Konferenz im Bereich der Programm-analyse. Im Oktober 2022 wurde Professor Eric Bodden eingeladen, hier die Eröffnungsk keynote zu halten.

Vor rund 150 Teilnehmer\*innen berichtete er dabei von einer spannenden Industriekollaboration, die gerade am Fraunhofer IEM zu Ende gegangen war. Das rund zweieinhalbjährige Projekt wurde durchgeführt im Auftrag und in Zusammenarbeit mit Contrast Security, einem führenden US-amerikanischen Hersteller von Softwarewerkzeugen zum automatisierten Software Security Testing.

Das in Baltimore ansässige Unternehmen hatte sich schon mit sogenannten dynamischen Programmanalysen einen Namen gemacht. Solche dynamischen Verfahren analysieren das Programmverhalten während der Ausführung und erkennen somit Softwareschwachstellen in Echtzeit, während ein Angreifer/ eine Angreiferin sie ausnutzt. Der Nachteil: Es werden nur solche Angriffe erkannt, die auch durch reale Angriffe oder entsprechende Tests provoziert werden.

Im Frühjahr 2019 kontaktierte daher Contrast Security Bodden mit dem Wunsch, das eigene Produktportfolio um ein statisches Code-Analyseprodukt zu erweitern. Solche statischen Verfahren können Schwachstellen bereits vorzeitig detektieren. Das Unternehmen war durch die zahlreichen hochkarätigen und vielfach ausgezeichneten Veröffentlichungen der Fachgruppe „Secure Software Engineering“, aber auch durch deren Open Source-Werkzeuge auf Bodden aufmerksam geworden.

Nach einer Reise nach Baltimore und längeren Vertragsverhandlungen startete das Projekt im Herbst 2019 am Fraunhofer IEM. Hier waren zeitweise über zehn Personen an der Entwick-

lung beteiligt. Das Ergebnis nach rund zwei Jahren: Das Werkzeug Contrast Scan ist mittlerweile öffentlich für die Kund\*innen des Unternehmens verfügbar. Die Kundenresonanz sei sehr positiv, „Contrasts-Kund\*innen schätzen die hohe Genauigkeit und Schnelligkeit des Werkzeugs, die sie nun erstmals auch mit der Gewissheit bekommen, auch ohne aufwendige Tests die im Programmcode lauernden Schwachstellen auffinden zu können“, so Bodden.

In seinem Vortrag auf der IEEE SCAM zog Bodden weitere Schlüsse. So war zum Beispiel der ursprüngliche Plan, direkt auf Forschungsprototypen, die am Heinz Nixdorf Institut entwickelt worden waren, aufzubauen, im Nachhinein keine gute Idee. „Wir konnten hiermit nicht die gewünschte Codequalität erreichen. Das lag auch daran, dass Doktorand\*innen, die die Prototypen entwickelt hatten, mittlerweile nicht mehr verfügbar waren“, so Bodden. Am Ende entschied sich das Team daher dazu, den Programmcode für die Lösung – auch mithilfe externer Entwickler\*innen – komplett neu zu entwickeln.

Hierbei wurden dann lediglich erprobte Konzepte übernommen. Bodden abschließend: „Das Ergebnis kann sich sehen lassen und ich bin stolz, dass wir als Team gemeinsam mit Contrast unsere Forschung so in der Realität erproben konnten. Das Projekt hat für uns viele neue Forschungsfragen aufgeworfen, die wir nun auch am Heinz Nixdorf Institut in neue Grundlagenforschungsprojekte gießen werden. Zudem können wir die entwickelte Softwarelösung auch selbst weiter nutzen, um beispielsweise für Unternehmen aus OWL und darüber hinaus Spezialversionen der Analyse zu konzipieren.“

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

 Projektpartner: Contrast Security, Baltimore, USA; Fraunhofer IEM, Paderborn

## When the rubber hits the road

In a keynote lecture, Professor Eric Bodden reports on his experiences in industrial transfer with a leading US software security company.

If you search the Internet for “SCAM Conference”, you will find numerous articles on the topic of “Predatory Publishing”, i.e. conferences that try to persuade authors to publish with them in order to make a quick buck. However, the IEEE International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation - also abbreviated SCAM - is also a renowned conference in the field of program analysis. In October 2022, Professor Eric Bodden was invited to give the opening keynote.

In front of around 150 participants, he reported on an exciting industrial collaboration that had just been concluded at Fraunhofer IEM. The project, which lasted about two and a half years, was initiated by and carried out in collaboration with Contrast Security, a leading US manufacturer of software tools for automated software security testing.

The Baltimore-based company had already made a name for itself with so-called dynamic program analyses. Such dynamic methods analyse program behaviour during execution and thus detect software vulnerabilities in real time, while an attacker is exploiting them. The disadvantage: Only those attacks are detected that are also provoked by real attacks or corresponding tests.

In spring 2019, Contrast Security contacted Bodden with the desire to expand its own product portfolio with a static code analysis product. Such static methods can detect vulnerabilities ahead of time. The company had become aware of Bodden through the numerous high-calibre and award-winning publications of the “Secure Software Engineering” workgroup, but also through their open-source tools.

After a trip to Baltimore and lengthy contract negotiations, the project started at Fraunhofer IEM in fall 2019. At times, more than 10 people were involved in the development. The result after about two years: The Contrast Scan tool is now publicly available to the company’s customers. Customer feedback has been very positive, “Contrast’s customers appreciate the high accuracy and speed of the tool, which they now also get for the first time with the certainty of being able to find vulnerabilities

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

 Project partners: Contrast Security, Baltimore, USA; Fraunhofer IEM, Paderborn

lurking in the program code even without extensive testing,” says Bodden.

In his presentation at IEEE SCAM, Bodden drew further conclusions. For example, the original plan to build directly on research prototypes developed at Heinz Nixdorf Institute was not a good idea in hindsight. “That way, we could not achieve the desired code quality. This was also due to the fact that the PhD students who had developed the prototypes were no longer available,” says Bodden. In the end, the team decided to completely redevelop the program code for the solution - also with the help of external developers.

In the process, only the proven concepts were transferred. Bodden concludes: “The result is impressive and I am proud that we as a team, together with Contrast, were able to test our research in a real-world setting. The project has raised many new research questions for us, which we will now also cast into new basic research projects. In addition, we can continue to use the developed software solution ourselves, for example to design special versions of the analysis for companies from OWL and beyond.”



Von den theoretischen Grundlagen zu einem fertigen Softwareprodukt  
From the theoretical basics to a final software product

## Software-Produktlinien in C endlich analysierbar

Eine internationale Zusammenarbeit von acht Forscher\*innen macht es möglich

Die jüngste Arbeit der Fachgruppe „Secure Software Engineering“ zur automatisierten Analyse von Software-Produktlinien in der Programmiersprache C wurde im Oktober auf der internationalen Konferenz für Automated Software Engineering am Oakland Center in Rochester, Michigan, USA, vorgestellt. Ermöglicht wurde diese Arbeit erst durch die Kollaboration von nicht weniger als acht Forscher\*innen von fünf verschiedenen Forschungseinrichtungen.

Produktlinien sind heute sowohl in der realen Welt als auch in der digitalen Welt allgegenwärtig. Wer schon mal die Website eines Automobilherstellers besucht hat, ist mit Konfiguratoren vertraut, die die Auswahl unterschiedlicher Ausprägungen - sogenannter Features - erlauben. So können Wagenfarbe, Antriebsstrang, Innenausstattung etc. eines Fahrzeugs konfiguriert werden, welches dann in der gewählten Ausstattung gefertigt und ausgeliefert wird.

Der Programmcode für den Betriebssystemkern Linux stellt eine Software-Produktlinie dar. Er wird in einer einheitlichen Codebasis entwickelt und gepflegt, verfügt aber über tausende Features, die nach Bedarf aktiviert werden können, um eine konkrete, individuelle Version des Betriebssystems abzuleiten. Je nach Rechnerarchitektur, auf der das Betriebssystem laufen soll, können entsprechende Features gewählt und ein Software-Produkt abgeleitet und gebaut werden, welches auf der gegebenen Hardware läuft.

Betriebssystem-Software wie etwa der Linux Kernel ist hochgradig (sicherheits)kritisch. Programmierfehler und potenzielle Verwundbarkeiten können Nutzer\*innen teuer zu stehen kommen. Deshalb möchte man derartige Software typischerweise einer statischen Programmanalyse unterziehen, um Schwachstellen bereits vor Auslieferung der Software zu finden. Gerade die Analyse von Software-Produktlinien gestaltet sich allerdings als besonders schwierig, da aus einer Software-Produktlinie bis zu exponentiell viele einzelne Softwareprodukte abgeleitet werden können. Die naive, produktbasierte Analyse von derart vielen Softwareprodukten skaliert jedoch selbst mit heutigen Analysetechniken und der stärksten Hardware nicht.

Mit der Arbeit zu VarAnalyzer, einem variabilitätsbewussten statischen Analyseansatz konnte eine achtköpfige Forschergruppe von fünf verschiedenen Forschungsinstituten unter der Leitung von Philipp Schubert am Heinz Nixdorf Institut die effiziente Analyse von Software-Produktlinien in C für eine bedeutende Klasse von Datenflussproblemen nun endlich Realität werden lassen.



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



Projektpartner: University of Central Florida, USA; University of Texas at Dallas, USA; Technische Universität Dortmund; Fraunhofer IEM, Paderborn

Die Idee zu diesem Forschungsprojekt entstand bereits bei der Vorstellung des in der Fachgruppe von Professor Eric Bodden entwickelten Programmanalyse-Rahmenwerks PhASAR im Jahr 2018. Hier trafen die Programmanalyse-Spezialist\*innen der Fachgruppe „Secure Software Engineering“ auf Professor Paul Gazzillo, dessen Fachgruppe sich mit dem Lexen und Parsen von Software-Produktlinien in C beschäftigt, und später auf Professor Shiyi Wei. Zusammen mit Professor Ben Hermann nahmen sie sich dem Problem der effizienten statischen Analyse von Software-Produktlinien an.

VarAnalyzer erhält seine Effizienz durch die Analyse einer Software-Produktlinie als Ganzes. Anstatt alle Softwareprodukte einzeln abzuleiten und zu analysieren, analysiert VarAnalyzer alle Softwareprodukte einer Software-Produktlinie in einem einzigen Analyselauf. Dazu arbeiteten die Fachgruppen unter der Leitung von Professor Gazzillo und Professor Wei an einer automatisierten Transformation von Software-Produktlinien in analysierbare Zwischenrepräsentationen. Die Fachgruppen unter der Leitung von Bodden und Professor Hermann entwickelten einen darauf abgestimmten Analyseansatz. Es werden hierbei alle Ergebnisse in einem Durchgang berechnet und mithilfe sogenannter Feature-Constraints unterschieden. VarAnalyzer erlaubt zum ersten Mal die effiziente Analyse von Software-Produktlinien in C und hat das große Potenzial, kritische Softwaresysteme wie den Linux-Kernel mittels Datenflussanalyse auf Schwachstellen und Sicherheitslücken untersuchen zu können.

## Software product lines in C finally analysable

An international collaboration of eight researchers made it possible

The most recent work of the “Secure Software Engineering” workgroup on the automated analysis of software product lines in C has been presented in October at the international conference on Automated Software Engineering at Oakland Center in Rochester, Michigan. This piece of research was made possible due to a collaboration of no fewer than eight researchers of five different research institutes.

Product lines are an essential part of today’s physical and digital world. Visitors of car manufacturers’ websites have likely come across so-called configurators that allow for the configuration of cars. It allows you to select so-called features in order to configure a concrete and individualised car. Features such as the colour of the car, engine, parts of the interior, etc. can be selected to comprise a car which is then built and shipped to the customer. The program code of the operating system kernel Linux, for instance, represents a software product line. The code is developed and maintained in a common code base, but includes thousands of features that can be selected as required to derive a concrete and individualised version of the operating system. Depending on the concrete target hardware that shall run the OS, respective features can be selected and a concrete software product can be derived, which can then be built and run on the desired target system. OS software such as the Linux kernel is highly (security)critical. Bugs and potential vulnerabilities can become very expensive for its users. For that reason, you typically wish to analyse such software statically to find bugs and vulnerabilities before the software is shipped and deployed. However, the analysis of software product lines is especially hard, since a software product line comprises up to exponentially many concrete software products that can be derived. It is clear that a naive, product-based analysis of that many software products cannot scale, not even with today’s analysis techniques and the most powerful hardware.

With VarAnalyzer, a variability-aware static analysis approach, a research team comprising eight researchers from five different research institutions led by Philipp Schubert at the Heinz Nixdorf Institutes could finally make the efficient analysis of software product lines in C a reality for an important class of data-flow problems. The idea for this piece of research dates back to 2018, in which the workgroup led by Professor Eric Bodden presented their novel program analysis framework PhASAR. At this instance, the program analysis specialists of Bodden met Professor Paul Gazzillo, whose research group works on lexing and parsing of software product lines written in C. Later on, Professor Shiyi Wei and Professor Ben Hermann completed the



Philipp Schubert präsentiert seine Forschungsarbeit am Oakland Center. Philipp Schubert presenting his research at Oakland Center.

team and together the researchers took the challenge to solve the difficult problem of making software product lines analysable statically. VarAnalyzer obtains its efficiency by analysing a software product line as a whole. Instead of deriving and analysing each and every software product individually, VarAnalyzer analyses all software products of a given software product line in a single analysis run. The novel approach comprises two main parts: The research groups led by Professor Gazzillo and Professor Wei developed an automated transformation that allows one to translate software product lines into an analyzable intermediate representation. The workgroups led by Bodden and Professor Hermann developed a harmonised data-flow analysis. The novel analysis approach computes all results in a single analysis run and distinguishes results that hold under different feature combinations using so-called feature constraints. VarAnalyzer for the first time allows you to efficiently analyse software product lines in C. It has the great potential to analyse critical software systems like the Linux kernel using data-flow analysis to find bugs and vulnerabilities.



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



Project partners: University of Central Florida, US; University of Texas at Dallas, US; Technische Universität Dortmund; Fraunhofer IEM, Paderborn

## Internationale Nachwuchsgewinnung

### Eric Bodden ist Scout bei der Alexander von Humboldt-Stiftung

Die Alexander von Humboldt-Stiftung ist weltweit für ihre renommierten Stipendienprogramme bekannt. Je nach konkretem Stipendienprogramm treten die Geförderten, stets aus dem Ausland kommend, entweder einen verlängerten Forschungsaufenthalt an einer deutschen Hochschule an oder wechseln dorthin sogar auf Dauer, auf eine neue Professur, welche dann von der Stiftung über mehrere Jahre anfinanziert wird.

Über die letzten fast 70 Jahre hat die Stiftung so rund 25.000 Postdoktorand\*innen und Professor\*innen nach Deutschland geholt. Ein besonderes Augenmerk legt die Stiftung hierbei auf die Förderung von Kontakten zwischen ehemaligen Stipendiat\*innen und den deutschen Wissenschaftler\*innen.

In der Vergangenheit lag der Fokus der Förderung hierbei aber stets auf bereits sehr etablierte Wissenschaftler\*innen. Diese sind jedoch aufgrund heutzutage vielschichtiger beruflicher, aber natürlich auch persönlicher und familiärer Verpflichtungen oft schwer für einen solchen Aufenthalt zu gewinnen. Es ist der Alexander von Humboldt-Stiftung daher ein Anliegen, vermehrt auch jüngeren Wissenschaftler\*innen über entsprechende Stipendien einen Aufenthalt in Deutschland zu ermöglichen. Da diese jungen High Potentials jedoch teils noch nicht über eine sehr aussagekräftige Vita verfügen, beschreitet man bei ihrer Auswahl neue Wege.

So wurden in den vergangenen drei Jahren jährlich etwa 40 Personen als „Scouts“ in einem kompetitiven Verfahren ausgewählt, die der Stiftung ausländische Nachwuchsforschende zur Förderung vorschlagen dürfen. Hier wurden auf ihrem Gebiet jeweils führende Persönlichkeiten gesucht, die entsprechende Kandidat\*innen proaktiv aussuchen, ansprechen und natürlich einschätzen können. Professor Eric Bodden, Professor für „Secure Software Engineering“ an der Universität Paderborn, ist so ein Scout. Der Wissenschaftler hat sich mit seinem Antrag zur Rekrutierung internationaler Nachwuchswissenschaftler\*innen erfolgreich durchgesetzt.

„Durch meine eigene Auslandserfahrung verstehe ich sehr gut, was vor allem junge internationale Forscher\*innen dazu bewegt, ihren Ph.D. oder Post-Doc in anderen Ländern zu machen. Ich kenne die Hindernisse, die man möglicherweise überwinden muss, um die Einstellung und Integration in eine bestehende Forschungsgruppe zu meistern. Deshalb ist es mir ein besonderes Anliegen, vor allem junge Wissenschaftler\*innen zu unterstützen“, sagt Bodden, der die Fachgruppe

„Secure Software Engineering“ am Heinz Nixdorf Institut bzw. am Institut für Informatik leitet.

In Paderborn werden die Nachwuchsforscher\*innen Gelegenheit haben, das Arbeits- und Forschungsleben an einer deutschen Universität kennenzulernen. Dadurch erhalten sie einzigartige Einblicke in die deutsche und europäische Forschungslandschaft, die von weltweit führender Grundlagenforschung bis hin zu spannenden Projekten mit renommierten Industriepartner\*innen reicht. Ein typischer Gastaufenthalt dauert ein bis zwei Jahre. „Die Paderborner Informatik steht seit jeher für Spitzenforschung, bei der es auch zunehmend um die Vernetzung mit dem Ausland geht. In den vergangenen Jahren sind zum Beispiel gleich mehrere Spitzenforscher\*innen dauerhaft nach Paderborn gekommen“, so Bodden. Bei dem Henriette Herz-Scouting-Programm kann von jedem Scout pro Jahr ein Nachwuchswissenschaftler/eine Nachwuchswissenschaftlerin zur Förderung vorgeschlagen werden. Als erstes wird Bodden eine Frau vorschlagen, hierzu gibt es bereits vielversprechende Gespräche mit einer Professorin von der University of British Columbia in Vancouver.



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



Projektpartner: Alexander von Humboldt-Stiftung, Bonn

## International recruitment of new scientists

### Eric Bodden is a scout at the Alexander von Humboldt Foundation

The Alexander von Humboldt Foundation is known worldwide for its renowned fellowship programs. Depending on the specific fellowship program, the fellows, always coming from abroad, either embark on an extended research stay at a German university, or even move there permanently, to a new professorship, which is then financed by the Foundation over the course of several years.

Over the past 70 years, the Foundation has brought around 25,000 postdocs and professors to Germany. The foundation places particular emphasis on promoting contacts between former fellows and German scientists.

In the past, however, the focus of the support has always been on already established scientists. These days, however, it is often difficult to win them over for such a stay due to their complex professional, but of course also personal and family commitments. This is why the Alexander von Humboldt Foundation now increasingly also seeks to enable younger scientists to spend time in Germany by means of appropriate fellowships. However, as some of these young high potentials are particularly hard to judge merely by their curriculum vitae, new approaches are being taken in their selection.

In a competitive process, in the past three years, about 40 people a year have been selected as “scouts” who are allowed to propose young researchers from abroad to the foundation for funding. The scouts are leading personalities in their respective fields who can proactively select, approach and assess suitable candidates. Professor Eric Bodden, Professor of “Secure Software Engineering” at the Paderborn University, is one such scout. The scientist was successful with his application to recruit international young scientists.

“Through my own experience abroad, I understand very well what motivates young international researchers in particular to do their PhD or post-doc in other countries. I know the obstacles that may have to be overcome in order to master recruitment and integration into an existing research group.

That’s why I’m particularly keen to support young scientists in particular,” says Bodden, who heads the “Secure Software Engineering” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute and the Institute of Computer Science.



Professor Eric Bodden

In Paderborn, the young researchers will have the opportunity to experience work and research life at a German university. This will give them unique insights into the German and European research landscape, ranging from world-leading basic research to exciting projects with renowned industrial partners. A typical guest stay lasts one to two years. “Paderborn computer science has always stood for cutting-edge research, which is also increasingly about networking with other countries. In recent years, for example, several top researchers have come to Paderborn on a permanent basis,” Bodden said. In the Henriette Herz Scouting Programme, each scout can propose one young scientist per year for funding. Bodden’s first suggestion will be a woman; promising plans are already under way with a female professor from the University of British Columbia in Vancouver.



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



Project partner: Alexander von Humboldt-Stiftung, Bonn



»» Ich lebe für Herausforderungen. ««

»» I live for challenges. ««

---

## Martin Mory

M.Sc.  
Secure Software Engineering

---

Ich bin Martin Mory, 31 Jahre alt, geboren und aufgewachsen in Halle/Saale, einer wunderschönen Großstadt im Süden Sachsen-Anhalts. Schon als Kind fand ich alles interessant, was irgendwas mit Technik oder Naturwissenschaften zu tun hatte. Zwischen vielen war doch die Informatik das größte aller Interessen und so entschied ich mich dazu, Informatik zu studieren und ging für den Bachelor nach Stuttgart und für den Master nach Darmstadt. Dort lernte ich auch Eric Bodden kennen, dem ich nach Paderborn gefolgt bin.

Im Studium und parallel in meiner beruflichen Tätigkeit habe ich mich auf Security, also Angriffssicherheit spezialisiert. Die derzeitige Situation ist problematisch: Software wird überall eingesetzt, ist gleichzeitig aber voller Fehler und Sicherheitslücken. Die zu vermeiden ist schwer und teuer und die Werkzeuge dafür sind nicht gut genug. Die Programmiersprachen C und C++ ermöglichen eine eigene Klasse von gefährlichen Sicherheitslücken, gleichzeitig ist die Analyse von C/C++ besonders schwer.

In meiner Arbeit am Heinz Nixdorf Institut befasse ich mich mit hochpräziser statischer Datenflussanalyse von in C und C++ geschriebener Software, also mit Verfahren, mit denen interessante Eigenschaften in Software, insbesondere ebensolche Sicherheitslücken, gefunden werden können. Da dies ein unentscheidbares Problem ist, müssen Näherungsverfahren entwickelt werden, die mit vernünftigen Kosten dennoch brauchbare Ergebnisse liefern. Die eigentliche Analyse benötigt zusätzlich noch Hilfsanalysen, eine davon ist die Pointer-Analyse. Sie beantwortet die Fragen "Auf welchen Speicher kann dieser Pointer zeigen?" bzw. "Welche Pointer zeigen auf den gleichen Speicher?". Frühere Forschung, u. a. meines Ex-Kollegen Johannes Späth, hat gezeigt, dass präzisere Pointer-Analyse nicht nur die Präzision, sondern auch die Kosten der eigentlichen Analyse entscheidend verbessert. Ich setze seine Arbeit fort, um diesen Effekt auch bei der Analyse von C- und C++-Software zu erzielen, sodass mehr Sicherheitslücken gefunden werden und weit verbreitet genutzte Software etwas sicherer wird.

Seit mittlerweile 20 Jahren spiele ich Wasserball, die älteste olympische Teamsportart. Ich hüte beim SC Herford das Tor und wir sind in der Saison 2021/22 OWL-Meister geworden. Bei früheren Vereinen habe ich aber auch schon in den zweiten Ligen Süd und Ost gespielt. Außerdem spiele ich Schach beim SK Blauer Springer Paderborn und ab und zu auch online, da allerdings mit sehr kurzen Bedenkzeiten.

---

## Martin Mory

M.Sc.  
Secure Software Engineering

---

I am Martin Mory, 31 years old, born and raised in Halle/Saale, which is a lovely big city in the south of Saxony-Anhalt. Ever since I was a child, I have been interested in everything related to technology and sciences. Among all the interests, computer science stood out and hence I decided to study it and moved to Stuttgart for my bachelor's degree and to Darmstadt for my master's degree. There, I got to know Eric Bodden and followed him to Paderborn.

During my studies and professional work at that time, I specialised in IT security. The current state of IT is problematic: Software is used everywhere, but it is full of bugs and vulnerabilities. It is hard and expensive to avoid and find these, and tools support for that purpose is not good enough. The programming languages C and C++ allow for an own category of severe vulnerabilities. At the same time, it is particularly hard to analyse these languages.

At the Heinz Nixdorf Institute, I work on highly precise static dataflow analysis of software written in C and C++, allowing me to find interesting properties such as the vulnerabilities in them. As this is an undecidable problem, approximations need to be found which provide usable results with reasonable costs. Actual client analyses that yield interesting properties typically require helping analyses, one of which is pointer analysis. Pointer analysis answers questions such as "Which memory may this pointer point to?" and "Which pointers may point to the same memory?". Previous research, including the work of my ex-colleague Johannes Späth, has shown that more precise pointer analysis not only increased the precision of the client analysis, but also reduced the overall analysis costs decisively. I am continuing his work, aiming for similar gains when analysing C and C++ software, so that more vulnerabilities are eliminated and widely used software becomes more secure.

For twenty years, I have been playing water polo, the oldest olympic team sport. I am the goalie of SC Herford and in the season 2021/22, we have won the Ostwestfalen League. In previous clubs, I also used to play in Germany's Second Leagues South and East. On top of that, I play chess in my club SK Blauer Springer Paderborn and also online, but there it is mostly with small time controls, which is also known as Blitz or Bullet.

## Eine neue Perspektive für die Wertschöpfung von morgen

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 Business Engineering 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)

## A new perspective for tomorrow's value creation

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Today, digitalisation 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 Business Engineering and Systems Engineering.

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

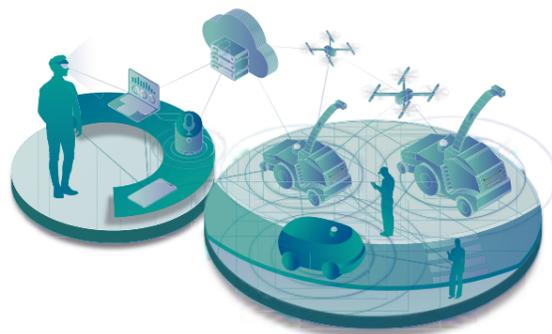
 [www.hni.upb.de/en/ase](http://www.hni.upb.de/en/ase)



## Fachgruppe Advanced Systems Engineering

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

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



„Advanced Systems“ werden von einem hohen Grad an dynamischer Vernetzung, Autonomie und interaktiver, soziotechnischer Integration sowie Produkt-Service-Verzahnung geprägt.

“Advanced Systems” are characterised by a high degree of dynamic networking, autonomy and interactive, socio-technical integration as well as product-service interlinking.

### Business Engineering

Das Business Engineering befasst sich mit der methodischen und modellgetriebenen Entwicklung von soziotechnischen Geschäftslösungen. Dabei werden die vier Betrachtungsebenen Vorausschau, Strategie, Prozesse und Systeme integrativ beleuchtet. Damit ermöglicht das Business Engineering die ganzheitliche Transformation von Unternehmen sowohl in Hinblick auf die zukünftigen Marktleistungen als auch auf die dafür erforderliche Leistungserstellung.

### 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 Akteur\*innen in der Entwicklung komplexer Systeme zu orchestrieren. Dazu integriert es die Systemgestaltung und das Projektmanagement.

## Workgroup Advanced Systems Engineering

Digitalisation is considered as one of the key drivers for manufacturing companies today. It is creating fascinating potential benefits for companies, but digitisation is also changing tomorrow's market offerings and the way in which they are developed. Traditional development methods quickly reach their limits when it comes to developing the systems of tomorrow.

The overarching interdisciplinary interaction of specialist disciplines, such as electronics, information technology and mechanical engineering, is more important than ever before. At the same time, the four main tasks of product development – strategic product planning, product development, service development and production system development – have to be closely coordinated and promoted in a cross-disciplinary way. Advanced Systems Engineering has the potential to integrate those disciplines as well as the broad range of issues of product development. It also has the potential to provide a sound basis for a holistic product development methodology in the age of digitalization. Our research focuses are divided into the two areas of Business Engineering as well as Systems Engineering.



Die Fachgruppe erarbeitet und evaluiert Lösungen für Forschung und Industrie u. a. in Workshops.

The workgroup develops and evaluates solutions for research and industry, among other things in workshops.

### Business engineering

Business Engineering deals with the methodical and model-driven development of socio-technical business solutions. The four levels of consideration – foresight, strategy, processes and systems – are integratively considered. In this way, business engineering enables the holistic transformation of companies both in terms of future market offerings and in terms of the value creation required for this.

### 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.

## Reifegradbasierte Transformation zum Smart Service-Anbieter

Entwicklung eines Reifegradmodells zur Transformation von Unternehmen zu Smart Service-Anbietern

Vernetzte Produkte liefern eine Vielzahl an Daten, die nach entsprechender Analyse und Auswertung genutzt werden können, um individualisierbare, datengetriebene und plattformbasierte Dienstleistungen bereitzustellen – sogenannte Smart Services. Das Projekt SMART untersucht, wie die Transformation vom produzierenden Unternehmen zum Smart Service-Anbieter mittels eines Reifegradmodells gestaltet werden kann.

### Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsprojekts SMART soll ein Instrumentarium entwickelt werden, das Unternehmen unterschiedlichster Anwendungsbereiche bzw. Domänen anleitet, den Wandel zum Smart Service-Anbieter systematisch zu vollziehen. Ziel des Projekts ist es somit, Unternehmen in die Lage zu versetzen, eine für sie vorteilhafte Positionierung in der Smart Service-Welt zu ermitteln und diese systematisch zu realisieren. Das Instrumentarium basiert auf einem evidenzbasierten Reifegradmodell zur Adaption des Geschäfts auf Smart Services. Darüber hinaus wird das Instrumentarium in webbasierte Minimum Viable Products (MVPs) überführt und interessierten Unternehmen für die Transformation zu Smart Service-Anbietern offen zugänglich zur Verfügung gestellt.

### Vorgehensweise

Das Vorhaben gliedert sich in vier Arbeitspakete (AP). Zwei Arbeitspakete befassen sich mit der inhaltlichen Erarbeitung bzw. Konzeptionierung (AP 1, AP 2). Ein Arbeitspaket dient der Erarbeitung der Webplattform (AP 3) und ein Arbeitspaket der kontinuierlichen Netzwerk- und Öffentlichkeitsarbeit sowie dem Breitentransfer (AP 4). Im ersten AP werden die Bedarfe und Anforderungen der Anwenderunternehmen durch Interviews erhoben. Ferner werden die wissenschaftlichen Grundlagen, wie z. B. relevante Transformationsfelder, durch eine ausführliche Literaturanalyse sowie über Experteninterviews erarbeitet. Im zweiten AP wird die Grundstruktur des Reife-

gradmodells definiert. Es werden Gestaltungsfaktoren für die Transformation zum Smart Service-Anbieter sowie deren mögliche Reifegrade ermittelt. Darauf aufbauend wird das Reifegradmodell ausspezifiziert. Weitere Aktivitäten des AP sind die Definition eines Code of Conduct sowie die Überführung des Reifegradmodells in einen Schnell-Selbstcheck. Im dritten AP erfolgt die technische Umsetzung der inhaltlich erarbeiteten Artefakte aus dem zweiten Arbeitspaket. Dabei werden MVPs des Quick Assessments sowie der Webplattform geschaffen. Die Plattform verschafft den Unternehmen Zugang zu ausgebildeten Assessoren. Diese führen ein über das Quick Assessment hinausgreifendes Assessment durch. Dabei verwenden sie das erarbeitete Reifegradmodell und dokumentieren die Ergebnisse auf der Plattform. Mit der Umsetzung wird noch während der inhaltlichen Erarbeitung des Reifegradmodells begonnen. Im vierten AP erfolgt die initiale Entwicklung einer Verbreitungs- und Kommunikationsstrategie.

### Förderung

Das Projekt wird im Förderrahmen „Entwicklung digitaler Technologien“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) bis März 2023 gefördert. Die Fördersumme beträgt rund 350.000 Euro.

 **Timm Fichtler, M.Sc.**  
E-Mail: [tim.fichtler@hni.upb.de](mailto:tim.fichtler@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 45 13

 Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Projekträger: DLR Projektträger

Projektpartner: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, FIR e.V. an der RWTH Aachen, Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, i4.oMC – Industrie 4.0 Maturity Center GmbH

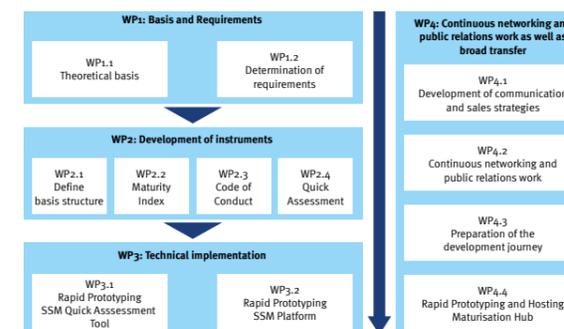
## Maturity-based transformation to become a smart service provider

Development of a maturity model for the transformation of companies into smart service providers

Networked products provide a large amount of data which, after appropriate analysis and evaluation, can be used to provide customisable, data-driven and platform-based services – so-called smart services. The SMART project is investigating how the transformation from a manufacturing company to a smart service provider can take place with the help of a maturity model.

### Objective

The SMART research project aims to develop a set of instruments that will guide companies from a wide range of application areas and domains to systematically make the transition to smart service providers. The aim of the project is thus to enable companies to identify a positioning in the smart service world that is advantageous for them and to achieve this positioning systematically. The instruments are based on an evidence-based maturity model for adapting the business to smart services. In addition, the tools are converted into web-based Minimum Viable Products (MVPs) and made openly available to interested companies for the transformation to smart service providers.



Arbeitsprogramm des Projekts  
The work programme of the project

### Procedure

The project is divided into four work packages (WP). Two work packages deal with the development and conceptualisation of the content (WP 1, WP 2). One work package serves for the development of the web platform (WP 3) and one work package serves for the continuous network and public relations work as well as the broad transfer (WP 4). In the first WP, the needs and requirements of the user companies are collected through interviews. Furthermore, the scientific basis, such as relevant transformation fields, are developed through a detailed literature analysis as well as through expert interviews. In the second AP, the basic structure of the maturity model is defined.

Design factors for the transformation to a smart service provider and their possible maturity levels are identified. Based on this, the maturity model is specified. Further activities of the WP are the definition of a Code of Conduct and the transfer of the maturity model into a quick self-check. In the third WP, the technical implementation of the artefacts from the second work package is carried out. In the process, MVPs of the quick assessment and the web platform are created. The platform gives companies access to trained assessors. These carry out an assessment that goes beyond the Quick Assessment. They use the maturity model developed and document the results on the platform. The implementation is started while the content of the maturity model is still being developed. In the fourth AP, the initial development of a dissemination and communication strategy takes place.

### Funding

The SMART research project is being funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK) as part of the funding programme “Development of Digital Technologies” until March 2023. The funding amount is around 350,000 euros.

 **Timm Fichtler, M.Sc.**  
E-mail: [tim.fichtler@hni.upb.de](mailto:tim.fichtler@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 45 13

 Supported by: German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK)

Project management: DLR Projektträger

Projekt partners: acatech - National Academy of Science and Engineering, FIR e.V. at RWTH Aachen University, Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM, i4.oMC – Industrie 4.0 Maturity Center GmbH

## Kreislaufwirtschaft in Unternehmen einführen

### ZirkuPro – Ganzheitliche zirkuläre Produktentstehung für intelligente technische Systeme

Die Kreislaufwirtschaft ermöglicht es Unternehmen, nachhaltiger zu wirtschaften, indem Ressourcen wiederverwendet werden. Jedoch ist der Paradigmenwechsel von der tradierten Linearwirtschaft hin zur Kreislaufwirtschaft keineswegs trivial. Das Forschungsprojekt ZirkuPro untersucht die Anforderungen der Kreislaufwirtschaft auf die Produktentstehung und liefert Gestaltungsempfehlungen für die Praxis.

#### Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojekts ZirkuPro ist eine Systematik zur ganzheitlichen zirkulären Produktentstehung für intelligent technische Systeme. Ein wesentlicher Schwerpunkt wird dabei auf die Elektronik der Produkte gelegt, da die Verwendung von bspw. seltenen Erden eine hohe CO<sub>2</sub>-Belastung hat. Im Rahmen des Projekts sollen Methoden und Werkzeuge entwickelt und in einer ganzheitlichen Systematik zusammengefasst werden, um Unternehmen dazu zu befähigen, ihre Ressourcenkreisläufe zu schließen.

#### Vorgehen

Das Forschungsprojekt gliedert sich in insgesamt vier Arbeitspakete (AP), welche zur Erarbeitung der Systematik dienen. Die Erarbeitung einer kreislaforientierten Vision basiert auf den produktspezifischen Eigenschaften eines Use Case. Zunächst werden die betrachteten Use Cases hinsichtlich ihrer Funktionen und der entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen analysiert, um Transparenz zu schaffen. Darauf aufbauend werden anhand eines Quick-Checks erste Empfehlungen zur Umsetzung zirkulärer Prinzipien abgeleitet. Diese Erkenntnisse dienen dazu, die zukünftigen adaptierten und kreislaforientierten Marktleistungen zu planen und eine Vision zu erarbeiten (AP 1). Um zu gewährleisten, dass diese Marktleistungen einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten, wird ihr potenzieller ökologischer, ökonomischer sowie sozialer Einfluss analysiert (AP 2). Für die technische Ausgestaltung der Marktleistungen werden kreislaforientierte Produktkonzepte und -architekturen erarbeitet. Die dafür notwendigen neuen Methoden und Werkzeuge werden in einem Methodenpaket zusammengefasst. Dieser befähigt Unternehmen, ihre Produkte für die Kreislaufwirtschaft auszulegen (AP 3). Abschließend werden kreislaforientierte Geschäftsmodelle sowie Wertschöpfungsstrukturen für die zukünftigen Marktleistungen erarbeitet. Zur Entwicklung von zirkulären Geschäftsmodellen stellt die Systematik spezifische Geschäftsmodellmuster bereit. Die Operationalisierung der Geschäftsmodelle wird durch die Erarbeitung einer geeigneten Wertschöpfungsstruktur geplant. Hierfür wird eine adaptierte

Sprache zur Modellierung für Wertschöpfungsstrukturen sowie spezifische Wertschöpfungsmuster bereitgestellt (AP 4).

#### Anwendungen

An ZirkuPro sind die drei Unternehmen Miele & Cie. KG, Diebold Nixdorf Systems GmbH und CP contech electronic GmbH beteiligt. Sie möchten ihr zukünftiges Geschäft nach den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft ausrichten. Die Unternehmen wirken bei der Entwicklung der Methoden und Werkzeuge mit und wenden diese in der Praxis für ihre konkreten Fragestellungen an. Damit stellen sie die Praxistauglichkeit der Forschungsergebnisse sicher.

#### Förderung

Das Projekt ZirkuPro wird vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Förderinitiative It's OWL gefördert. Das Projekt läuft von 2022 bis 2025 und hat ein Fördervolumen von insgesamt ca. 2 Millionen Euro.



**Michel Scholtysik, M.Sc.**  
E-Mail: michel.scholtysik@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 50



Gefördert durch: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen  
Projektträger: PtJ (Projektträger Jülich)  
Projektpartner: Fraunhofer IEM, Fraunhofer IZM, Miele & Cie. KG, Diebold Nixdorf, CP contech electronic GmbH

## Implementing the circular economy in companies

### ZirkuPro – Holistic circular product creation for intelligent technical systems

The circular economy enables companies to operate more sustainably by reusing resources. However, the paradigm shift from the traditional linear economy to a circular economy is by no means trivial. Products, business models and value creation processes must be adapted. The research project ZirkuPro examines the requirements of the circular economy on product creation and provides design recommendations for practice.

#### Objective

The objective of ZirkuPro is to develop a systematic approach to holistic circular product development for intelligent technical systems. A major focus is placed on the electronics of the products, as the use of rare earths, for example, has a high CO<sub>2</sub> impact. Within the context of the project, methods and tools will be developed and combined in a holistic system that will enable companies to close their resource cycles. For example, circular business models will be developed to describe the basic logic of how the company creates value, provides benefits to its customers and makes them pay money for it.



Der Weg zur Kreislaufwirtschaft  
The road to a circular economy

#### Procedure

The research project is divided into a total of four work packages (WP) which serve to develop the system. They consider the central challenges for the introduction of a circular economy from the vision to concrete business models and value creation structures. The development of a circular vision is based on the product-specific characteristics of a use case. First, the considered use cases are analysed and made transparent with regard to their functions and the resulting CO<sub>2</sub> emissions. Based on this, initial recommendations for circular principles are derived using a quick check. These findings are used to develop adapted and circular market offerings and to elaborate the vision (WP 1). In order to ensure that the anti-

pated market offering provides a contribution to sustainability, the ecological, economic and social impact is balanced and analysed (WP 2). For the technical design of the market offerings, cycle-oriented product concepts and architectures are developed, and the methods and tools behind them are compiled in a method kit. This enables companies to design and develop their products according to a circular economy (WP 3). Finally, circular business models as well as value creation structures for the developed market services are elaborated. For the development of circular business models, the system provides specific business model patterns. These serve, among other things, as a direction for the design of the future business. The operationalisation of the business models is planned and structured on the basis of a suitable value creation structure (WP 4).

#### Applications

The three companies involved in ZirkuPro are Miele & Cie. KG, Diebold Nixdorf Systems GmbH and CP contech electronic GmbH. They want to orient their future business according to the principles of the circular economy. The companies participate in the development of the methods and tools and apply them in practice to their specific issues. In this way, they ensure the practicality of the research results.



**Michel Scholtysik, M.Sc.**  
E-mail: michel.scholtysik@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 50



Supported by: Ministry of Economic Affairs, Industry, Climate Action and Energy of the State of North Rhine-Westphalia  
Project management: PtJ (Project management Jülich)  
Project partners: Fraunhofer IEM, Fraunhofer IZM, Miele & Cie. KG, Diebold Nixdorf, CP contech electronic GmbH

## FastGate

### Intelligentes Monitoring und Management von automatisierten Prozeduren auf dem Flughafen

Digitalisierung und Nachhaltigkeit führen zu einem fundamentalen Wandel des Luftverkehrs. Davon betroffen sind auch die Aktivitäten auf dem Flughafenvorfeld. Bislang wurden sowohl die Möglichkeiten der Digitalisierung als auch die ökologischen Herausforderungen nur unzureichend adressiert. Vor allem fehlt es bislang an einer integrierten Gesamtsystemoptimierung, welche die Aktivitäten auf dem Flughafenvorfeld grundsätzlich neu denkt.

#### Ausgangssituation

Die internationale Luftfahrt steht vor gewaltigen Herausforderungen. Mit dem Pariser Klimaabkommen haben sich die einzelnen Staaten zu verbindlichen Klimaschutzziele bekannt. Der Luftverkehr trägt zu einem erheblichen Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Der wirksamste Weg, um diese Emissionen zu reduzieren, sind Investitionen in energieeffiziente Flugzeuge. Ein wesentlicher Stellhebel bei der Gesamtsystemoptimierung ist zudem der Einsatz alternativer Antriebe für Sekundäraktivitäten, wie z. B. das elektrische Rollen auf dem Flugfeld. In Kombination mit abgeschalteten Triebwerken ermöglicht deren Einsatz die Optimierung der Turnaround-Time auf dem Flughafen-Vorfeld, da die Fluggastbrücken wesentlich schneller an- und abgedockt werden sowie die Bodenfahrzeuge zügiger mit der Be- und Entladung beginnen können.

#### Zielsetzung

Das Ziel des Forschungsvorhabens FastGate ist eine radikale Reduktion der Standzeit, der Betriebskosten sowie der CO<sub>2</sub>- und Lärmemissionen durch die Automatisierung von Abläufen auf dem Flughafenvorfeld. Durch die Automatisierung von Passen-ger-Gates und die Nutzung von grünen Antriebssystemen am Fahrwerk von Verkehrsflugzeugen werden neuartige Prozesse und Abläufe am Verkehrsflughafen ermöglicht. Das Projekt bildet die vollständige Wertschöpfung von der Entwicklung bis zur Validierung des Gesamtsystems im realen Umfeld ab.

#### Vorgehensweise

Im Rahmen des Projekts FastGate gilt es daher, den Sprung von manuellen zu autonomen Abfertigungsprozessen zu vollziehen. Das Forschungsprojekt ist dafür in sechs Arbeitspakete unterteilt. Im Arbeitspaket 1 (AP 1) wird eine Strategie für autonome Airport Operation-Systeme entwickelt und in einem Lighthouse-Demonstrator umgesetzt. Das AP 2 adressiert die robuste Sensorik. Es umfasst eine robuste 4-D-Datenerfassung sowie ein Konzept zur Sensorintegration. In AP 3 wird eine HD-Mapping-Plattform als Voraussetzung für die autonome Navigation und weitere Dienste erforscht. Hierzu wird eine technische Infrastruktur umgesetzt sowie geeignete Mapping-Algorithmen



**Bernd Stoehr, M.Sc.**  
E-Mail: bernd.stoehr@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 65 13



Gefördert durch: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen  
Projektpartner: Fraunhofer IEM, Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“, Aerosoft, Flughafen Paderborn-Lippstadt, FMG-FlightTraining, WheelTug plc

und eine Visualisierung entwickelt. Darauf aufbauend werden Geschäftsmodelle und Smart Services konzipiert. In AP 4 wird die High-Driving-Automation von Fluggastbrücken prototypisch umgesetzt. Dies umfasst die Erkennung von Flugzeugen, die sichere Bahnplanung sowie die Regelung und Automation hinsichtlich Software und Hardware. AP 5 umfasst ein Konzept und einen Prototyp eines digitalen Zwillinges für Airport Operation-Systeme. Im Rahmen von AP 6 werden Faktoren für eine breite Akzeptanz und effektive Nutzerinteraktionen mit technischen Systemen erforscht, sodass Empfehlungen für die technische Entwicklung erarbeitet werden können.

#### Förderung

Das Forschungsprojekt startete am 1. Juni 2022 und läuft drei Jahre. Das Vorhaben wird durch das Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen mit ca. 3,4 Millionen Euro gefördert.

## FastGate

### Intelligent monitoring and management of automated procedures on the airfield

Digitalisation and environmental sustainability are leading to a fundamental change in air traffic. This also affects activities on the airport apron. So far, however, both the opportunities of digitalisation and the ecological challenges have been insufficiently addressed. Above all, there has been a lack of integrated overall system optimisation that fundamentally refines airport apron activities.

#### Initial situation

The international aviation industry faces enormous challenges. With the Paris Climate Agreement, the individual countries have committed themselves to binding climate protection targets. Air traffic contributes to a significant proportion of CO<sub>2</sub> emissions. The most effective way to reduce these emissions is to invest in energy-efficient aircrafts. However, a key lever in overall system optimisation is also the use of alternative drives in secondary activities, such as electric taxiing on the airfield. In combination with switched off engines, this approach optimises the turnaround times on the airport apron, with much faster passenger bridge docking and undocking and much faster ground vehicle loading and unloading processes.



Projektpräsentation FastGate  
FastGate project presentation

#### Objective

The goal of the FastGate research project is to radically reduce downtime, operating costs as well as CO<sub>2</sub> and noise emissions by automating processes on the airport apron. The automation of passenger gates and the use of green propulsion systems on the landing gear of commercial aircraft will enable new commercial airport processes and operations significantly impacting airports worldwide. The project covers the complete value chain from development to the validation of the overall system in a real-world environment.

#### Approach

The FastGate project aims to make the leap from manual to autonomous handling processes. The research project is divided into six work packages. Work package (WP) 1 develops a strategy for autonomous airport operation systems and implements the same in a lighthouse demonstrator. WP 2 addresses robust sensor technology. It includes robust 4D data acquisition and a concept for sensor integration. WP 3 explores an HD mapping platform as a prerequisite for autonomous navigation and other services. For this purpose, a technical infrastructure as well as suitable mapping algorithms and a visualisation are developed. Based on this, business models and smart services are designed. WP 4 implements the high-driving automation of a passenger boarding bridge as a prototype. This includes aircraft detection, safe path planning as well as control and automation in terms of software and hardware. WP 5 develops a concept and a prototype for a digital twin of airport operation systems. WP 6 explores factors for broad acceptance and effective user interactions with technical systems that allows recommendations for technical development.

#### Funding

The research project started on 1 June 2022 and will run for three years. The project is funded by the Ministry of Economic Affairs, Industry, Climate Action and Energy of the State of North Rhine-Westphalia with 3.4 million euros.



**Bernd Stoehr, M.Sc.**  
E-mail: bernd.stoehr@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 65 13



Supported by: Ministry of Economic Affairs, Industry, Climate Action and Energy of the State of North Rhine-Westphalia  
Project partners: Fraunhofer IEM, "Behavioral Economic Engineering and Responsible Management" workgroup, Aerosoft, Airport Paderborn-Lippstadt, FMG-FlightTraining, WheelTug plc



»» Ein steiniger Weg lässt sich immer leichter  
mit einem Lächeln im Gesicht bewältigen. ««

»» A rocky road is always easier to overcome with a smile on your face. ««

## Timm Fichtler

M.Sc.  
Advanced Systems Engineering

Seit Dezember 2021 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“ von Professor Roman Dumitrescu. Ich komme aus dem schönen Lipperland – nahe Oerlinghausen. Schon als Kind bin ich auf der Baustelle des Hauses meiner Eltern immer mit einem Zollstock umhergelaufen und war an allen technischen Dingen interessiert. Darüber hinaus entwickelte sich im Laufe der schulischen Ausbildung zunehmend das Interesse an wirtschaftlichen Themen. Aus diesem Grund habe ich mich nach dem Abitur 2013 für ein praxisintegriertes Studium im Bereich des Wirtschaftsingenieurwesens mit Schwerpunkt Maschinenbau entschieden, da dieses die Themen optimal verbindet. Nach Abschluss des Bachelor-Studiums bin ich für den Master an die Universität Paderborn gewechselt, um die behandelten Themen tiefer zu durchdringen.

Im Rahmen meines Studiums habe ich bereits den Weg in die Fachgruppe gefunden und im Rahmen des Projekts DizRuPt als wissenschaftliche Hilfskraft gearbeitet. In dem fordernden und fördernden Umfeld durfte ich an spannenden Projekten mitwirken und erste Erfahrungen in der Forschungsarbeit sammeln. Durch den bereits vorhandenen Kontakt zur Fachgruppe habe ich mich zum Ende meines Studiums zu einer Promotion entschlossen. Das Umfeld bietet die perfekten Rahmenbedingungen, um das bisher erlangte Wissen kontinuierlich zu erweitern und durch unterschiedliche Kontakte in die Industrie zu erproben und zu verfeinern. Die Tätigkeiten stellen mich täglich vor neue Herausforderungen, deren Bewältigung mich zwar fordert, aber auch begeistert. Hinzu kommt, dass die Atmosphäre und der Zusammenhalt im Team wirklich hervorragend sind.

Neben der Arbeit verbringe ich auf unterschiedliche Arten sehr viel Zeit mit Sport. Ich spiele seit 15 Jahren aktiv Handball und verbringe neben dem Sport zusätzlich viel Zeit im Vereinsumfeld. Das gemeinsame Erreichen von Zielen und die damit verbundene Arbeit ist etwas, das mich stets reizt und dazu bewegt, das Beste aus mir herauszuholen. Über den eigenen Sport hinaus bin ich leiderprobter Anhänger und Dauerkarteninhaber von Arminia Bielefeld. Wenn es sich in Urlauben anbietet und die Bedingungen stimmen, gehe ich auch gerne windsurfen oder probiere mich in anderen Sportarten aus. Allgemein verbringe ich einfach gerne Zeit mit Menschen und bin stets offen für interessante Begegnungen oder Gespräche.

## Timm Fichtler

M.Sc.  
Advanced Systems Engineering

Since December 2021, I have been a research assistant in the “Advanced Systems Engineering” workgroup of Professor Roman Dumitrescu. I come from the beautiful Lipperland - near Oerlinghausen. Even as a child, I used to walk around my parents’ house construction site with a folding rule and was interested in all technical things. Furthermore, in the course of my school education, I developed an increasing interest in economic topics. For this reason, after graduating from secondary school in 2013, I decided to pursue a practice-integrated degree in industrial engineering with a focus on mechanical engineering, as this optimally combines the topics. After obtaining my bachelor’s degree, I switched to Paderborn University for my master’s degree to delve deeper into the topics covered.

During my studies, I already found my way into the department and worked as a student assistant in the DizRuPt project. In this challenging and supportive environment, I was able to work on exciting projects and gain my first experience in research work. Due to the already existing contact with the department, I decided to obtain a PhD at the end of my studies. The environment of the workgroup provides the perfect framework to continuously expand the knowledge I have gained so far and to test and refine it through various contacts to the industry. The activities provide me with daily new challenges. The mastering of these challenges is demanding but also inspires me. In addition, the atmosphere and cohesion in the team are excellent.

Besides work, I spend a lot of time on sports in various ways. I’ve been actively playing handball for 15 years and, in addition to sports, I spend a lot of time in the club environment. Achieving goals together and the work that goes with it is something that always excites me and makes me want to give the best I can. Beyond my sport, I am a long-time supporter and season ticket holder of Arminia Bielefeld. Whenever the conditions are right, I also like to go windsurfing or try out other sports. In general, I just like to spend time with people. I am always open to interesting encounters or conversations.

## 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)

## 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)



## 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\*innen ermöglicht.

### Unternehmens-Kooperationen

Anwendungsnähe 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.

## Soziale Nähe und Feedback

### Analyse des Einflusses von sozialer Interaktion auf das Feedbackverhalten in der Sharing Economy

Auf vielen Onlinemärkten scheinen Kundenbewertungen nicht die wahre Qualität der angebotenen Leistung widerzuspiegeln – ein Phänomen, das besonders auf Onlineplattformen der Sharing Economy ausgeprägt ist. Obwohl die dortige Literatur als Erklärung vielfach die soziale Interaktion zwischen den Marktteilnehmer\*innen anführt, wird der Einfluss von zwischenmenschlichem Austausch auf das Feedbackverhalten bisher kaum empirisch untersucht.

#### Peer-to-Peer-Plattformen in der Sharing Economy

Der Onlinemarkt wurde in den letzten Jahren durch das Entstehen und die rasante Expansion von Sharing-Economy-Plattformen wie Airbnb, Couchsurfing, Uber oder BlaBlaCar massiv geprägt. Aufgrund des persönlichen Charakters der über diese Plattformen angebotenen Leistungen spielt Vertrauen auf diesen Märkten eine große Rolle. Angesichts großer Heterogenität in der Dienstleistungsqualität und der damit verbundenen Informationsasymmetrie zwischen geografisch verstreuten und informell verbundenen Nutzer\*innen gelten glaubwürdige Reputationssysteme daher als entscheidend für die Entwicklung und Förderung von Vertrauen. Viele auf Kundenbewertung basierende Reputationssysteme in der Sharing Economy zeigen jedoch eine positiv verzerrte Verteilung an Bewertungen auf, die die Funktionalität und Wirksamkeit dieser Reputationssysteme infrage stellen (Zervas et al., 2021; Hu et al., 2009). In der Literatur werden verschiedene Gründe für die Beobachtung der stark positiv verzerrten Bewertungen diskutiert, unter anderem, dass negative Bewertungen aus Angst vor Vergeltung oder aufgrund von Herdenverhalten nicht abgegeben werden. Inwieweit soziale Interaktion als wesentliches Element der Sharing Economy die Bereitschaft zu objektiverem Feedback beeinflusst, wird in der Literatur hingegen erst kürzlich diskutiert.

#### Soziale Interaktion und Feedbackverhalten

Durch soziale Interaktion und den Austausch persönlicher Informationen können Vertrautheit und Sympathie aufgebaut, Unsicherheiten über die Absichten des Anderen verringert und gemeinsame Überzeugungen aufgedeckt werden. Personen, mit denen man zwischenmenschliche Gemeinsamkeiten hat, werden als vertraut und sozial nahestehend wahrgenommen. Ein robuster Nachweis ist, dass solche Gemeinsamkeiten eine verstärkende Wirkung auf das Verhalten haben. Beispielsweise zeigt die aktuelle Forschung, dass Individuen gegenüber ihren nahestehenden Personen hilfsbereiter sind, mehr Vertrauen haben, Fehlverhalten eher dulden und sich diesen Personen moralisch verpflichtet fühlen (Chen & Li, 2009; Evans et al., 2021; Balliet et al., 2014; Vekaria et al., 2017). Es wird somit davon ausgegangen, dass ein Individuum einen größeren Nut-

zen erfährt, wenn es einer vertrauten Person hilft. Im Gegenzug ist die Erwartung vorhanden, dass die nahestehende Person dem Individuum ebenfalls wohlgesonnen ist. Auf Basis dieser Argumentation gehen wir davon aus, dass das Feedbackverhalten auf Onlinemärkten, welches von sozialer Interaktion geprägt ist, von der Verfügbarkeit persönlicher Informationen und dem Grad der sozialen Nähe zwischen den Transaktionspartner\*innen beeinflusst wird.

#### Verhaltensexperiment

Da es nicht möglich ist, soziale Interaktionen (Häufigkeit und Intensität) unmittelbar zu beobachten oder den Grad der sozialen Nähe zwischen den Transaktionspartner\*innen zu bestimmen, können Laborexperimente nützlich sein, um die durch Beobachtungsdaten von Peer-to-Peer-Plattformen gewonnenen Erkenntnisse zu ergänzen. Insbesondere ermöglichen die Experimente einen Vergleich des Feedbackverhaltens bei unterschiedlichem Grad an sozialer Nähe zwischen den Transaktionspartner\*innen. Entsprechend simuliert unser Experiment einen Sharing Economy-Markt: Anbieter\*innen bieten Dienstleistungen an und werden im Gegenzug von Kund\*innen entlohnt und bewertet. Während diese Elemente konstant sind, variiert der Umfang der persönlichen Informationen über verschiedene Treatments.



**Dr. Behnud Mir Djawadi**  
E-Mail: behnud.mir.djawadi@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 20 93



**Lisa Miriam Wester, M.Sc.**  
E-Mail: lisa.miriam.werner@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 21 10



Gefördert durch: DFG Sonderforschungsbereich 901 „On-the-Fly Computing“

## Social proximity and feedback giving behaviour

### A study on how social interaction influences feedback-giving behaviour on peer-to-peer platforms

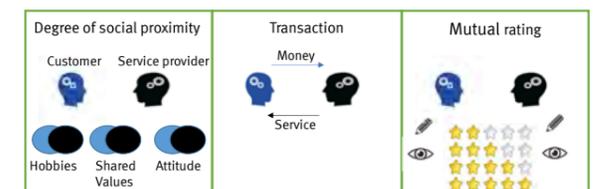
Many reputation systems generate implausible rating distributions in such a way that they cannot be assumed to mirror true quality – a phenomenon which is particularly pronounced on peer-to-peer platforms. Where theoretical considerations emphasise the role of social interaction, which is considered a key element of the sharing economy, its influence on market participants' feedback giving is empirically underexplored.

#### Peer-to-peer platforms in the sharing economy

The electronic commerce landscape has been stirred up by the emergence and rapid expansion of sharing economy platforms' such as Airbnb or Couchsurfing, Uber or BlaBlaCar, in recent years. Due to the intimate nature of the arrangements offered via these platforms, sharing-economy markets depend on trust. Given the large heterogeneity in service quality and information asymmetries among geographically dispersed and informally connected users, credible reputation-based feedback systems become essential for the development of trust. However, it has been observed that many reputation systems give rise to implausible rating distributions, calling the functionality and effectiveness of systems based on user-generated feedback into question (Zervas et al., 2021; Hu et al., 2009). The literature suggests diverse reasons for the observance of highly positively skewed ratings, such as non- or underreporting of negative experience due to the fear of retaliation or herding behaviour. Yet, the examination of the influence of social interactions – characteristic for sharing economy platforms – on feedback-giving behaviour has only recently gained momentum.

#### Social interaction and feedback-giving behaviour

Through social interaction and the exchange of personal information, familiarity and liking between individuals can be established, uncertainty about the others' intents can be reduced and generalised positive beliefs may be evoked. Thereby, a well-documented and robust finding is that interpersonal similarity has a reinforcing effect. People who are perceived to be similar to oneself are likely to be regarded as more familiar and socially proximate. Along this line, recent research finds that people are more willing to help, are more lenient toward misbehavior of as well as trust in and feel morally obliged to interaction partners being socially proximate (Chen & Li, 2009). It is assumed that individuals derive greater utility from helping socially proximate individuals and have generalised expectations that those being similar are also more likely to be well-disposed towards them. Hence, we propose that feedback-giving behaviour is different depending on the availability of personal information as well as the level of socially proximity between transaction partners.



Stilisierte Handlungen im Experiment zwischen Kunde und Anbieter  
Stylized interaction in the experiment between a customer and a service provider

#### Behavioural experiment

Given the lacking possibility of either directly observing social interaction (frequency and intensity) involved in peer-to-peer transactions or assessing the degree of social proximity between transaction partners, laboratory experiments are well suited for complementing observational data derived from sharing economy platforms. In particular, experiments allow for a comparison of individuals' feedback-giving behaviour with varying degrees of social proximity between transaction partners. Our experiment simulates a sharing economy market framework where a provider offers a service and is in turn remunerated and evaluated by a customer taking up the offered service. Since a crucial feature of the sharing economy is the potential for collective action taken by both sides to enhance experience, the quality of the service is modelled as a function of the joint effort exerted by providers and customers. Whereas these elements are static across treatments, the extent of personal information presented to transaction partners varies.



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



**Lisa Miriam Wester, M.Sc.**  
E-mail: lisa.miriam.werner@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 21 10



Supported by: DFG Collaborative Research Center 901 "On-the-Fly Computing"

## Koproduktion bei AutoML-Anwendungen

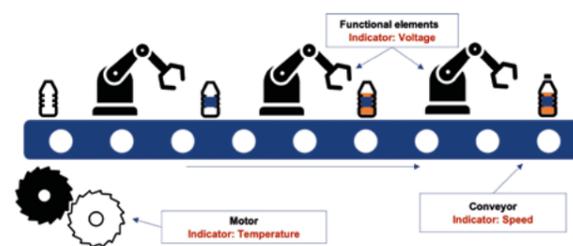
### Eine verhaltensökonomische Studie

Im industriellen Kontext gibt es zahlreiche Fälle für die Anwendung von Modellen des Maschinellen Lernens (ML). Die Erstellung eines ML-Modells ist jedoch sehr ressourcenintensiv, und die verwendeten Daten sind oft sehr spezifisch. AutoML ist ein vielversprechender Bereich des Maschinellen Lernens, in dem auch Nicht-Expert\*innen in der Lage sind, mit geringem Aufwand anwendungsspezifische ML-Modelle zu erstellen.

In einem Projekt von René Fahr, Anastasia Lebedeva und Marius Protte konzentrieren wir uns auf die Koproduktion bei AutoML-Anwendungen. Es gibt kognitive Verzerrungen, die dazu führen, dass sich Anwender\*innen gegen AutoML-Vorhersagen entscheiden. Algorithmus-Aversion liegt beispielsweise vor, wenn Menschen auf ihr eigenes Fachwissen in ihrem Bereich vertrauen, auch wenn dies nicht rational ist (Burton et al. 2020, Jussupow et al. 2020). Ein Beispiel: Eine Ingenieurin, die für die Wartung einer Produktionslinie verantwortlich ist und mehrere Jahre an der Maschine gearbeitet hat, bestimmt den Zeitpunkt der Wartung auf der Grundlage ihrer eigenen Erfahrung, unabhängig davon, was eine kürzlich installierte Künstliche Intelligenz (KI) für die Wartung vorhersagt (Dietvorst et al. 2018).

Norton et al. (2012) führen den IKEA-Effekt ein, d. h. den Anstieg der Wertschätzung für selbst hergestellte Produkte. Darüber hinaus hat die Koproduktion (d. h. die Beteiligung am Produktionsprozess) sowohl in klassischen Produktionskonzepten als auch bei der Erbringung von Dienstleistungen solche wertsteigernden Wirkungen gezeigt. Daher ist es nicht verwunderlich, dass das Misstrauen gegenüber KI durch Maßnahmen wie die manuelle Anpassung eines vorhergesagten Ergebnisses verringert wird. Jussupow et al. (2020) stellen fest, dass sich die menschliche Einbindung positiv auf die wahrgenommenen Fähigkeiten von KI auswirkt, was wiederum die Algorithmus-Aversion verringert. Es gibt jedoch nur wenig verhaltensökonomische Forschung zu diesem Thema. Daher entwickeln wir ein ökonomisches Experiment mit der Fragestellung: Welchen Einfluss hat Koproduktion auf die Algorithmus-Aversion bei AutoML-Anwendungen?

Mit unserem experimentellen Design schaffen wir eine Umgebung, in der die Proband\*innen als Ingenieur\*innen agieren und mit einer KI konfrontiert werden, die ihnen hilft, Ausfälle ihrer Maschine vorherzusagen. Wir setzen zwei Gruppen ein (d. h. die Basisgruppe und die Koproduktionsgruppe) und vergleichen zwischen diesen Gruppen, ob die Koproduktion tatsächlich das Vertrauen der Proband\*innen fördert, was zu Entscheidungen führt, die mehr mit den KI-Vorhersagen übereinstimmen. Das Experiment verläuft in vier Phasen. In Phase 1 machen sich



Beispiel einer AutoML-Anwendung  
Example of an AutoML application

die Proband\*innen mit dem Aufbau vertraut. In Phase 2 bauen sie Fachwissen auf, indem sie ihre subjektive Bewertung der Akzeptanzintervalle von Parametern entwickeln, die zu Ausfällen der Maschine führen könnten. Phase 3 umfasst das Training der KI und unterscheidet sich zwischen der Basisgruppe und der Koproduktionsgruppe. In der Basisgruppe wird das Training automatisch durchgeführt und die Teilnehmer\*innen werden nur über die Genauigkeit des Trainings informiert. In der Koproduktionsgruppe evaluieren die Teilnehmer\*innen aktiv die Trainingsdaten und beteiligen sich so an der Entwicklung der KI und ihrer Genauigkeit. In Phase 4 überwachen die Proband\*innen die Produktion und entscheiden, ob sie die Maschine in jeder der 30 Perioden warten wollen oder nicht. In dieser Phase werden die Teilnehmer\*innen von der KI beraten, die die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls der Maschine vorhersagt.

Mithilfe der Methoden der experimentellen Ökonomie leiten wir die kausale Beziehung zwischen Koproduktion und ihrer Wirkung auf das Vertrauen in AutoML-Anwendungen ab. Unser Ansatz profitiert von einer hohen internen Validität, da die Entscheidungsfindung durch Anreize gefördert wird und somit echte Präferenzen bezüglich der KI und der Konformität der Proband\*innen mit der KI hervorruft.

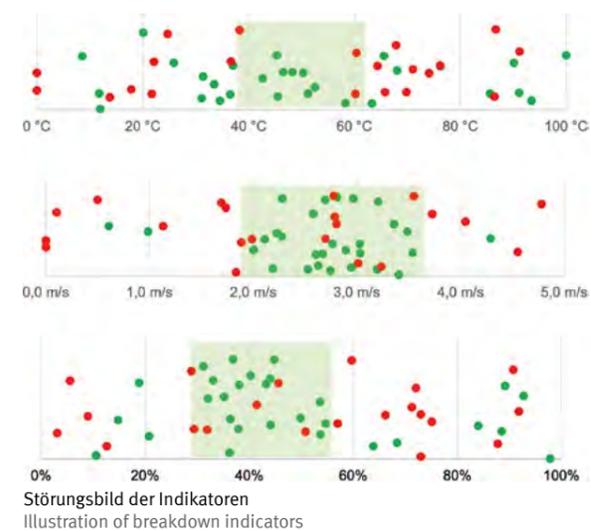
 **Prof. Dr. René Fahr**  
E-Mail: rene.fahr@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 20 90

## Co-production in AutoML applications

### A behavioural economic study

In an industrial context, there are numerous cases for the application of Machine Learning (ML) models. However, the construction of an ML model is very resource intensive and the data used is often highly specific. AutoML is a promising field of Machine Learning in which even non-experts in data science are able to create application-specific ML models with little effort and benefit from predictions of algorithms.

In a project by René Fahr, Anastasia Lebedeva and Marius Protte, we focus on co-production in AutoML applications. There are cognitive biases that cause users to decide against AutoML predictions. Algorithm aversion, for instance, is present when people trust in their own expertise of their field even if it is not rational to do so (Burton et al. 2020, Jussupow et al. 2020). E.g. an engineer who is responsible for the maintenance of a production line and worked at the machine for several years, determines the timing of maintenance based on her own experience regardless of what a recently installed artificial intelligence (AI) predicts for maintenance (Dietvorst et al. 2018).



Störungsbild der Indikatoren  
Illustration of breakdown indicators

Norton et al. (2012) introduce the IKEA effect, i.e. the increase in valuation of self-made products. Moreover, co-production (i.e. the participation in the production process) has shown such value-enhancing effects both in classic production set-ups and in the provision of services. Therefore, it is not surprising that the distrust of AI can be reduced by measures such as allowing the manual adjustment of a predicted result. Jussupow et al. (2020) state that human involvement has a positive effect on the perceived capability of AI, which in turn reduces algorithm aversion.

 **Prof. Dr. René Fahr**  
E-mail: rene.fahr@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 20 90

However, there is rather limited behavioural economics research on this issue. Therefore, we develop an economic experiment with the research question: What is the impact of coproduction on algorithm aversion in AutoML applications?

With our experimental design, we create an environment in which subjects act as engineers and are confronted with an AI that helps to predict breakdowns of their machine. We implement two groups (i.e. baseline group and coproduction group) and compare those groups regarding whether coproduction indeed promotes subjects' confidence resulting in decisions that are more in line with the AI predictions. The experiment proceeds in four phases. In phase 1, subjects familiarise themselves with the setup. In phase 2, they build expertise by developing their subjective evaluation of acceptance intervals of parameters that could trigger failures of the machine. Phase 3 involves training the AI and differs between the baseline and co-production groups. In the baseline group, training is performed automatically and participants are only informed of the accuracy of the training. In the co-production group, participants actively evaluate the training data and thus participate in the development of the AI and its accuracy. In phase 4, subjects monitor production and decide whether or not to maintain the machine in each of the 30 periods. At this stage, the participants are advised by the AI, which predicts the probability of the machine's failure.

Using the methods of experimental economics, we derive the causal relationship between co-production and its effect on confidence in AutoML applications. Our approach benefits from high internal validity, as decision making is incentivised and thus elicits true preferences about the AI and subjects' conformity to the AI.

## Inno.venture: Mit dem Venture Client-Modell zur Innovation

Einführung, Anpassung und Erprobung des Venture Client-Modells in etablierten Unternehmen

Die Integration von Start-ups in das Innovationssystem etablierter Unternehmen ist kein trivialer Prozess und stellt viele Unternehmen vor Herausforderungen. Ein Ansatz, diese Integration zu gestalten, ist das sogenannte Venture Client-Modell (VCM). Zum VCM besteht jedoch erheblicher Forschungsbedarf, da diese Kooperationsform neuartig und den Unternehmen wenig vertraut ist.

### Venture Client-Modell

Das VCM unterscheidet sich grundlegend von bisherigen Kooperationsformen zwischen etablierten Unternehmen und Start-ups, da eine Art Lieferantenbeziehung zwischen beiden Akteuren entsteht. Es erfolgt keine Eigenkapitalbindung, sondern die etablierten Unternehmen werden zu frühen Kund\*innen der Start-ups. Das heißt, die Start-ups wenden ihre Technologie auf die Produkte, Prozesse oder das Geschäftsmodell des Unternehmens an. Sie erbringen dafür einen Machbarkeitsnachweis (Proof of Concept) oder entwickeln einen Prototyp. Es gibt einige Motive, um eine Kooperation mittels des VCM einzugehen. Etablierte Unternehmen können mithilfe des VCM strategisch vom Start-up profitieren, zum Beispiel indem sie Start-up-Technologien ins Unternehmen integrieren. Start-ups erhoffen sich unter anderem Ressourcen-, Markt- und Kundenzugang, ohne Anteile ihres Start-ups abgeben zu müssen. Durch die Etablierung des VCM entstehen für beide Akteure aufgrund der Neuartigkeit jedoch viele Herausforderungen, hohe Risiken und Unsicherheiten. Beispielsweise müssen etablierte Unternehmen sowohl die eigenen Arbeitsweisen als auch die Aufbau- und Ablauforganisation in den betroffenen Unternehmensbereichen anpassen, um die Zusammenarbeit reibungslos zu gestalten.

### Forschungsgegenstand und Zielsetzung

Um das VCM erfolgreich zu etablieren, beschäftigt sich inno.venture zum einen mit der Entwicklung eines Erfolg versprechenden Venture Client-Modells für it's OWL und zum anderen mit der Erstellung eines Rahmenwerks zur Schaffung der strategischen und organisatorischen Voraussetzungen in den etablierten Unternehmen.

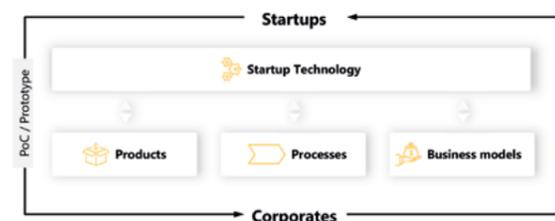
Vier Teilziele konkretisieren das Ziel des Projekts. Die Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ des Heinz Nixdorf Instituts setzt sich vor allem mit dem ersten Teilziel auseinander. Das erste Teilziel sind empirische Grundlagen zur Beschreibung der Zusammenarbeit zwischen etablierten Unternehmen und Start-ups. Zum Beispiel werden Kenntnisse über die Wirkungsweisen und Erfolgsfaktoren dieser Kooperationsform erörtert. Das zweite Teilziel ist die



**Vanessa Schäfer, M.Sc.**  
E-Mail: [vanessa.schaefer@hni.upb.de](mailto:vanessa.schaefer@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 21 10



Projektträger: Projektträger Jülich  
Projektpartner: Fraunhofer IEM (Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM), Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“, Miele & Cie. KG, WAGO GmbH & Co. KG



Venture Client-Modell  
Venture Client Model

Entwicklung eines Rahmenwerks für den Technologietransfer mithilfe des VCM. Im dritten Teilziel werden Methoden und Hilfsmittel zur Gestaltung des Innovationssystems etablierter Unternehmen erarbeitet. Beispielsweise werden Bausteine definiert, um das VCM in Unternehmen auszuprägen. Im vierten Teilziel werden die Methoden und Hilfsmittel validiert, erprobt und iterativ angepasst. Um die Zielsetzung zu erreichen, begleiten neben der Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ des Heinz Nixdorf Instituts sowohl die Unternehmen Miele und WAGO als auch das Fraunhofer IEM sowie die Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“ des Heinz Nixdorf Instituts das Projekt inno.venture.

Insgesamt werden im Projekt inno.venture inhaltlich zwei Aspekte des VCM betrachtet: Der Frontend- und der Backend-Bereich. Der Frontend-Bereich bildet die Schnittstelle zwischen den etablierten Unternehmen und den Start-ups. Demgegenüber beinhaltet der Backend-Bereich die Aufgabenstellungen innerhalb der Innovationssysteme der Unternehmen, welche sich auf das VCM geeignet vorbereiten müssen.

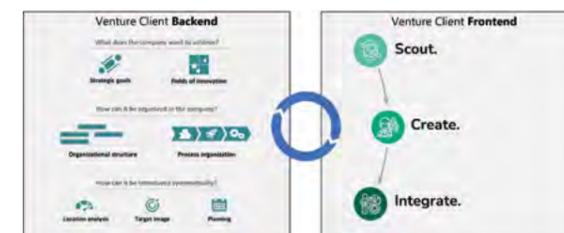
## Inno.venture: With the venture client model to innovation

Implementation, adaptation and testing of the venture client model in established companies

The integration of start-ups in the innovation system of established companies is not a trivial process and poses challenges for many companies. One approach to designing this integration is the so-called Venture Client Model (VCM). There is, however, a considerable need for research on the VCM, as this form of cooperation is new and little known to the companies.

### Venture Client Model

The VCM is fundamentally different from previous forms of cooperation between established companies and start-ups, as a kind of supplier relationship is created between the two parties. There is no equity commitment, instead the established companies become early customers of the start-ups. This means that the start-ups apply their technology to the company's products, processes or business model. For this, they provide a proof-of-concept or develop a prototype. There are several motives for entering into a cooperation based on the VCM. Established companies can benefit strategically from the start-up with the use of the VCM, for example by integrating start-up technologies into the company. Start-ups hope to gain access to resources, markets and customers without having to give up shares of their start-up. However, the establishment of the VCM presents many challenges, high risks and uncertainties for both parties due to the novelty of the VCM. For instance, established companies must adapt their own working methods as well as the structural and procedural organisation in the concerned company areas to make the cooperation work smoothly.



Inhaltlicher Aufbau des Projekts inno.venture  
Content structure of the inno.venture project

### Research object and objective

In order to successfully establish the VCM, inno.venture is working on the development of a successful venture client model for it's OWL, on the one hand, and on the creation of a framework for creating the strategic and organisational prerequisites in the established companies, on the other hand.

Four sub-goals concretise the objective of the project. The Behavioral Economic Engineering and Responsible Management department of the Heinz Nixdorf Institute is primarily dealing with the first sub-goal. The first sub-objective is an empirical basis for describing the cooperation between established companies and start-ups. For example, understanding the modes of action and the success factors of this form of cooperation will be explored. The second sub-goal is the development of a framework for technology transfer using the VCM. In the third sub-objective, methods and tools for designing the innovation system of established companies will be developed. For instance, building blocks will be defined to develop the VCM in companies. In the fourth sub-goal, the methods and tools will be validated, tested and iteratively adapted. In order to achieve the objective, the inno.venture project is accompanied by the Behavioral Economic Engineering and Responsible Management department of the Heinz Nixdorf Institute, the companies Miele and WAGO as well as the Fraunhofer IEM and the Advanced Systems Engineering department of the Heinz Nixdorf Institute.

Overall, two aspects of the VCM are being considered in the inno.venture project: The Frontend- and the Backend-section. The Frontend-section forms the interface between the established companies and the start-ups. In addition, the Backend-section contains the tasks within the innovation systems of the companies, which must prepare themselves for the VCM in a suitable manner.



**Vanessa Schäfer, M.Sc.**  
E-mail: [vanessa.schaefer@hni.upb.de](mailto:vanessa.schaefer@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 21 10



Project management: Projektträger Jülich  
Project partners: Fraunhofer IEM (Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM), "Advanced Systems Engineering" workgroup, Miele & Cie. KG, WAGO GmbH & Co. KG

---

## Felix Schröder

M.Sc.  
Behavioral Economic Engineering and  
Responsible Management

---

Gute Wissenschaft sollte auch gute Geschichten erzählen können, wenn man den zunehmend wichtiger werdenden Prinzipien der Wissenschaftskommunikation folgt. Herzlich willkommen also zu dieser kleinen Geschichte über ... mich ... einen Wissenschaftler und mein Verhältnis zur Wissenschaft.

Wie bin ich also in die Verlegenheit gekommen, als Mitarbeiter der Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ diesen Text über mich schreiben zu dürfen ... oder müssen? Nun ja, hier kommen wir zu einer der ersten Lektionen des Geschichtenerzählens: Man kann eine Geschichte immer auf mehrere Arten erzählen. Die reinen Fakten ergeben eine geradlinige, aber auch ziemlich langweilige Storyline: Geboren und aufgewachsen in Paderborn, hier an der Uni studiert und seit 2020 erst studentische Hilfskraft und jetzt wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Professor René Fahr. Man merkt: Einige Details würden meiner Geschichte hier sicherlich noch guttun – allein der Länge wegen.

Wichtige Details für meine Geschichte sind sicherlich eine große Portion angeboren Neugierde und Eltern, welche diese immer gefördert haben (ein großes Dankeschön dafür an dieser Stelle). Zu den wichtigen frühkindlichen Prägungen zählt der regelmäßige Konsum der „Sendung mit der Maus“ und „Wissen macht Ah!“. Zusätzlich dazu hat ein (für mein kindliches Ich) traumatisierender Zwischenfall mit einer genervten Ziege im Streichelzoo das Interesse an den biologischen Wissenschaften nachhaltig erlahmen lassen.

Wir machen einen Zeitsprung (noch so ein wichtiges Mittel des Geschichtenerzählens): Aus irgendeinem glücklichen Zufall (dessen genauere Beschreibung dem Konzept des Schicksals nahekommen würde) habe ich mit der Verhaltensökonomie ein Fachgebiet gefunden, in dem ich mit der gleichen Begeisterung Fragen stelle wie damals als Kind. Der einzige Unterschied ist: Während ich früher meinen Papa gelöchert habe, warum z. B. Strom zwar fließt, aber nicht aus der Steckdose tropft, befasse ich mich heute mit den Gründen, Fehlern und Phänomenen des menschlichen Verhaltens in verschiedenen Umgebungen.

Zusammenfassend kann man über mich und meine „Karriere“ mit der Wissenschaft also sagen: Ich stelle immer noch mit Begeisterung mir selbst (oder wehrlosen Menschen in meinem Umfeld) Fragen steigender Komplexität und versuche mich nun neuerdings selbst daran, ein paar von diesen zu beantworten.

---

## Felix Schröder

M.Sc.  
Behavioral Economic Engineering and  
Responsible Management

---

Good science should also be able to tell good stories, if you follow the increasingly important principles of science communication. So welcome to this little story about ... me ... a scientist and my relationship with science.

So how did I get the honour, as a member of the Behavioural Economic Engineering and Responsible Management Division, to write this text about myself ... or obligation to do so? Well, here we come to one of the first lessons of storytelling: You can always tell a story in several ways. The pure facts make for a straightforward but also rather boring storyline: Born and raised in Paderborn, studied here at the university and since 2020 first a student assistant and now a research assistant with Professor René Fahr. As you can see, a few more details would certainly do my story some good here - if only for the sake of length.

The important details for my story are certainly a large portion of innate curiosity and parents who have always encouraged this (a big thank you goes to them for this). Among the important early childhood imprints is the regular consumption of German television programmes like Die Sendung mit der Maus and Wissen macht Ah. In addition, a traumatic incident (for my childish self) with an annoyed goat in the petting zoo permanently dampened my interest in biological sciences.

We now make a leap in time (another important storytelling device): By some happy coincidence (the more precise description of which would come close to the concept of fate), I have found in behavioural economics a subject in which I ask questions with the same enthusiasm as I did as a child. The only difference is that while I used to ask my dad why, for example, electricity flows but doesn't drip out of the socket, today I am concerned with the reasons, errors and phenomena of human behaviour in different environments.

In summary, one can say about me and my “career” with science: I still enthusiastically ask myself (or the defenceless people around me) questions of increasing complexity and now try to answer some of them myself.



»» Studiere das, was dich am meisten interessiert, auf möglichst undisziplinierte, unkonventionelle und originelle Art und Weise. ««

»» Study hard what interests you the most in the most undisiplined, irreverent and original manner possible. ««  
(Richard Feynman)

## Systematisch und effizient Geschäftschancen der Zukunft erschließen

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

Mit systematischer Strategieentwicklung und Zielentfaltung richten wir produzierende Unternehmen konsequent auf die Kreislaufwirtschaft der Zukunft aus. Im Mittelpunkt nachhaltiger Produkt-Service-Systeme stehen Material- und Informationszirkularität. Die vielfältigen Fachdisziplinen vernetzen wir mit entwicklungsmethodischen Ansätzen wie Systems Engineering und dem von uns neu aufgelegten V-Modell für mechatronische und cyberphysische Systeme: der VDI/VDE 2206. Entwicklungsingenieur\*innen unterstützen wir zielgerichtet durch Modellierung und Analyse von Wirkketten, digitale Zwillinge und virtuelle Realität. 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 and policy deployment, we consistently gear manufacturing companies towards the circular economy of the future. Material and information circularity make up the essential core of sustainable product-service systems. We network the diverse disciplines with the appropriate engineering methodologies, such as Systems Engineering and the V-model for mechatronic and cyber-physical systems: the VDI/VDE guideline 2206, which was revised under our coordination. We provide product engineers with enablers in terms of the modelling and analysis of effect chains, digital twins and virtual reality. Our emphasis lies 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/der Kundin als Erster erkennt und die Kund\*innen mit einer maßgeschneiderten innovativen und nachhaltigen Problemlösung 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 die Endkund\*innen 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 Zielkosten und Markteintrittszeitpunkt werden regelmäßig einem Prämissen-Controlling unterworfen, damit erforderliche Änderungen frühzeitig erkannt und berücksichtigt werden.

### Entwicklungsmanagement und (Model Based) Systems Engineering

Die vielfältigen Fachdisziplinen vernetzen wir mit entwicklungsmethodischen Ansätzen wie dem von uns in der VDI/VDE 2206:2021 neu aufgelegten V-Modell für mechatronische und cyberphysische Systeme sowie dem Systems Engineering. Die miteinander vernetzten Entwicklungsartefakte werden modellbasiert in Systemmodellen und Wirkketten abgebildet und ausgewertet. Unser Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Effektivität und Effizienz der Entwicklungs- und Produktionsprozesse.

### 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. Das von der DFG geförderte Innovations-Forschungsgröße schafft ein Alleinstellungsmerkmal. Seine flexible und modulare Struktur

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. Unsere Lehre im Bachelor- und Masterstudium des Maschinenbaus und des Wirtschaftsingenieurwesens gestalten wir kompetenzorientiert mit aktuellen Problemstellungen interessierter Industrieunternehmen, um bei den angehenden Ingenieur\*innen eine ausgeprägte Problemlösefähigkeit zu entwickeln.



Professorin Iris Gräßler mit ihren Oberingenieuren Dr.-Ing. Jens Pottebaum und Dr.-Ing. Christian Oleff (v. l.)  
Professor Iris Gräßler with her senior engineers Dr.-Ing. Jens Pottebaum and Dr.-Ing. Christian Oleff (LTR)

## Workgroup Product Creation

Progressing digitalisation and the 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 and sustainable 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, 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, you have 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.

### Engineering management and (model based) systems engineering

We link the various disciplines with development methodologies such as the V-model for mechatronic and cyber-physical systems from the VDI/VDE 2206:2021, which was revised under our coordination, and systems engineering. With Engineering Management and (Model Based) Systems Engineering, we provide tools for the functional realisation and manufacturability of complex technical systems. Interdependent engineering artefacts are represented and analysed in system models and effect chains. Our main focus lies on the effectiveness and efficiency of the engineering and production processes.

### Information and 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 "Industry 4.0" implementations with the help of communication networks, adaptivity and configurability.



Systems Engineering –  
verstehen und industriell umsetzen  
Springer-Verlag, 2022



### Digital and virtual engineering

Methods and tools for Digitalisation and Virtualisation are embedded into the action field of Product Creation as key enabling technologies. For instance, Virtual and Augmented Reality serve as a tool for the design and planning of modern, complex products of tomorrow. The large scale research equipment, which was funded by DFG, means a unique selling point for us. Its flexible and modular structure enables us to configure test benches according to the situation and topic and to validate 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 (Figure 2). Our educational portfolio in Bachelor and Master studies of mechanical as well as industrial engineering is designed with clear perspectives on competencies. It subsumes the current challenges of interested industrial companies to ensure that future engineers develop sophisticated problem solving ability.

## Wirkkettenmodellierung in der Automobilindustrie

### Analyse funktionaler Wirkzusammenhänge auf Basis von Model-based Systems Engineering

Durch den Anstieg an Funktionalitäten und resultierenden Wechselwirkungen wird die Entwicklung technischer Systeme immer komplexer. Nationale und internationale Regularien beinhalten Forderungen zur Rückverfolgbarkeit der Auswirkungen von Entwicklungs- und Änderungsentscheidungen. Mit modellbasierten Wirkketten lässt sich die Nachverfolgbarkeit herstellen und funktionale Wirkzusammenhänge zertifizierungsgerecht dokumentieren.

Die United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) fordert seit Anfang 2022 die Nachverfolgbarkeit (Traceability) für softwarebasierte Funktionalitäten von Kraftfahrzeugen und definiert Anforderungen an eine einheitliche Dokumentation und Rückverfolgbarkeit an das „Software update and software update management system“ (UNECE R 156). Diese Regularie muss erfüllt werden, um die Typfreigabe neuer Fahrzeuge zu erwirken. An der Universität Paderborn erforschen Professorin Iris Gräßler und ihr Team der Fachgruppe „Produktentstehung“ des Heinz Nixdorf Instituts daher Ansätze zur zertifizierungsgerechten Wirkkettenmodellierung. Als Grundlage dient die in der Fachgruppe entwickelte Model-based Effect Chain Analysis (MECA)-Methode. Die MECA-Methode beruht auf SysML und befähigt zu einer systematischen Modellierung von zertifizierungsgerechten Wirkketten. Im Vergleich zu konventionellen Modellierungsmethoden ermöglicht die MECA-Methode die vollständige Abbildung von Ursache-Wirk-Beziehungen zertifizierungsrelevanter Systemartefakte (z. B. Regularien und Funktionen) und bietet einen zielgerichteten Einstieg in die modellbasierte Systementwicklung für Industrieunternehmen. Erprobt wurde die MECA-Methode im Rahmen eines 14-monatigen Projekts bei einem führenden OEM der Automobilindustrie. Im Rah-



Analyse von Wirkzusammenhängen anhand modellierter Wirkketten  
Analysis of functional interdependencies on the basis of modelled effect chains



**Anna-Sophie Koch, M.Sc.**  
E-Mail: [anna.sophie.koch@hni.upb.de](mailto:anna.sophie.koch@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 62 63

men des Projekts wurden sechs Fahrzeugderivate bestehend aus über 100 Sub-Systemen betrachtet. In über 300 Workshops wurden die erforderlichen Daten für die Wirkkettenmodellierung erhoben. Die resultierenden Wirkketten beinhalten eine vierstellige Anzahl an Modellelementen und wurden vollständig mit System- und Zertifizierungsexperten validiert. Resultat war das bisher umfangreichste SysML-Modell des Unternehmens. Die größte Herausforderung stellte die Informationserhebung und die Etablierung einer einheitlichen Detaillierungsebene mit der Vielzahl an beteiligten Fachbereichsleitungen, Entwickler\*innen und Expert\*innen dar. Ebenso herausfordernd war es, aufgrund der Anzahl der Wirkketten die inhaltliche und methodische Validierung der Systeme effizient durchzuführen und systematisch Inkonsistenzen (z. B. an Systemschnittstellen) auszuräumen.

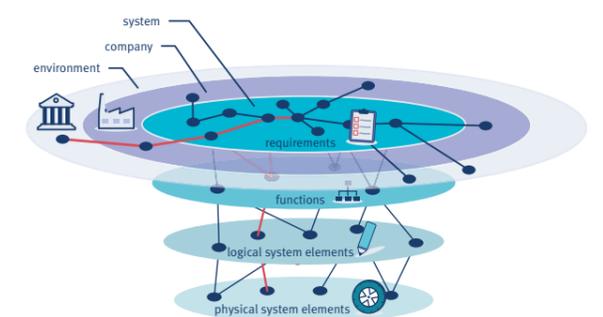
Gräßler und ihr Team sehen auf Basis des Projekterfolgs großes Potenzial in der zertifizierungsgerechten Wirkkettenmodellierung. Die Anwendbarkeit der MECA-Methode auf andere Branchen, Regularien und Vorschriften wurde von Beginn an mitgedacht (z. B. Medizintechnik oder Luft- und Raumfahrt). Derzeit fließen die Erkenntnisse bereits in das Forschungskonsortium des vom BMBF geförderten Projekts ImPaKT ([impaktprojekt.de](http://impaktprojekt.de)) und mehrere Industriekooperationen ein. Zukünftig wird die Fachgruppe „Produktentstehung“ die Etablierung der MECA-Methode in der Entwicklungspraxis vorantreiben, die MECA-Methode erweitern (z. B. hinsichtlich Auswirkungsanalysen) und durch Künstliche Intelligenz anreichern (z. B. automatisierte Abhängigkeitsanalysen).

## Effect chain modelling in the automotive industry

### Analysis of functional interdependencies on the basis of Model-Based Systems Engineering

Due to the increase in functionalities and resulting interactions, the development of technical systems is becoming increasingly complex. National and international regulations include requirements for the traceability of the effects of development and change decisions. Model-based effect chains can be used to establish traceability and document functional interactions in a way that fulfils certification.

Since the beginning of 2022, the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) has required traceability for the software-based functionalities of motor vehicles and defined requirements for uniform documentation and traceability for the “Software update and software update management system” (UNECE R 156). Non-compliance with the regulation prevents the type approval of new vehicles. At the Paderborn University, Professor Iris Gräßler and her team at the “Product Creation” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute are, therefore, investigating approaches to model effect chains that are in line with the certification requirements. The Model-based Effect Chain Analysis (MECA) method developed at the workgroup serves as a basis. The MECA method is based on SysML and enables the systematic modelling of certification-compliant effect chains. Compared to conventional modelling methods, the MECA method enables the complete mapping of cause-effect relationships of certification-relevant system artifacts (e.g. regulations and functions) and offers a targeted entry into model-based system development for companies. The MECA method was tested during a 14-month project at a leading OEM in the automotive industry. Six vehicle derivatives consisting of over 100 sub-systems were considered as part of the project. Data for the effect chain modelling was collected in more than 300 workshops. The resulting effect chains contain a four-digit number of model elements and were fully validated with system and certification experts. The result was the company’s most comprehensive SysML model. The greatest challenge was the collection of information and the establishment of a uniform level of detail with the large number of department heads, developers and experts involved. It was equally challenging to efficiently carry out the validation of the systems in terms of content and methodology and to systematically eliminate inconsistencies (e.g. at system interfaces) due to the number of active chains.



Elemente einer Wirkkette  
Elements of an effect chain

Based on the success of the project, Gräßler and her team see great potential in effective chain modelling that is suitable for certification. The applicability of the MECA method to other industries, rules and regulations was considered from the beginning (e.g. medical technology or aerospace). Currently, the findings are already being incorporated into the BMBF-funded ImPaKT project ([impaktprojekt.de](http://impaktprojekt.de)) and further industry collaborations. In the future, the “Product Creation” workgroup will advance the establishment of the MECA method in development practice, expand the MECA method (e.g. with regard to impact analyses) and enrich it with artificial intelligence (e.g. automated dependency analyses).



**Anna-Sophie Koch, M.Sc.**  
E-mail: [anna.sophie.koch@hni.upb.de](mailto:anna.sophie.koch@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 62 63

## Zukunftsrobustheit und Modularisierung in der Angebotserstellung

Fachgruppe „Produktentstehung“ entwickelt gemeinsam mit dem Unternehmen GLASS GmbH & Co. KG ein Modularisierungskonzept für Mischsysteme.

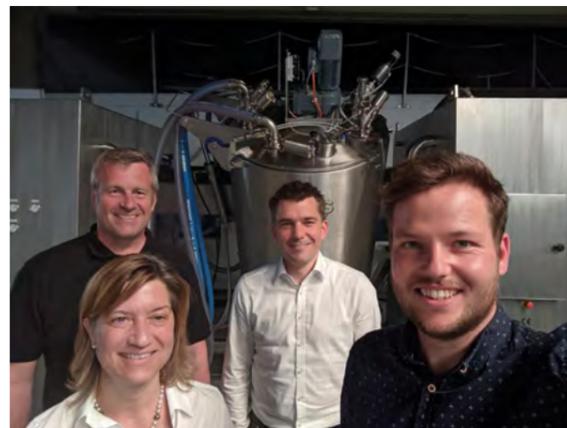
Das Unternehmen GLASS entwickelt und produziert kundenindividuelle Mischsysteme, Prozessanlagen und Lebensmittelmaschinen am Standort Paderborn. GLASS Mischsysteme sind in der Lage, Mischgut von 15 bis 2.700 Litern unter strengsten Hygieneauflagen in kürzester Zeit zu vermengen. Die Mischsysteme von GLASS finden sowohl Anwendung beim Mischen flüssiger als auch trockener Substanzen.

GLASS ist ein typischer Vertreter des Sondermaschinenbaus mit enger Kundenbindung. Kundenindividuelle Anforderungen sind ein wesentliches Element jedes Mischsystems und werden durch Versuche im Technikum ermittelt, um ein passgenaues Angebot zu erstellen. Die von der GLASS GmbH & Co. KG angebotenen Mischanlagen werden typischerweise in Stückzahl eins bestellt, konstruiert und hergestellt. Aufbauend auf der Analyse des bestehenden Baukastensystems entwickelte der Fachgruppe „Produktentstehung“ des Heinz Nixdorf Instituts von Professorin Iris Gräßler gemeinsam mit dem Unternehmen ein Modularisierungskonzept, welches die Einsparung von Zeit und Kosten bei der kundenindividuellen Konfiguration der Mischsysteme ermöglicht.

Eine von der Fachgruppe durchgeführte Vorfeldstudie zeigte unter anderem auf, dass in 80 Prozent aller neuen Angebotszeichnungen auf bestehende Konstruktionsdaten zurückgegriffen wird. Dies verdeutlicht das hohe wirtschaftliche Potenzial eines Modularisierungskonzepts. Im Angebot variieren vor allem geometrische Maße wie Breite und Höhe oder die Prozessstaktung und der Durchsatz pro Takt. Die Anlagen von GLASS erfüllen Funktionen wie das Beschicken der Trommel, das Vakuumieren, das Mischen und Kneten, das Heizen bzw. Kühlen, das Abstreifen und Entleeren sowie das Reinigen. Zudem müssen ergonomische Randbedingungen berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise die Auslegung einer schwenkbaren Trommel, einer Deckelbetätigung und von Zusatzkomponenten wie einem Lift zur Beschickung.

Anhand der Kundenanforderungen, Konfigurationsregeln und Mischervarianten wurde eine Konfigurationssystematik entwickelt. Damit kann vom Außendienst, egal ob intern oder extern, die Auswahl aus 3.800 möglichen Varianten zielgerichtet und

mit direkter Visualisierung innerhalb der Angebotserstellung mit dem Kunden/der Kundin getroffen werden. Ein Online-Konfigurator bildet das Baukastensystem regelbasiert ab und ermöglicht die interaktive Konfiguration direkt beim Kunden/ bei der Kundin. Als besonderes Feature kann sich der Kunde/ die Kundin das Mischsystem im Konfigurator als 3-D-Modell anschauen und automatisiert eine technische Zeichnung ausgeben lassen. Dies erfolgt durch ein Python-Skript auf Basis des Austauschformats STEP.



Besichtigung der Mischsysteme bei GLASS  
Tour of the mixing systems at GLASS

Karsten Ollesch, Prokurist des Unternehmens, sowie das Team aus der Konstruktionsabteilung freuen sich über erste Erfolge mit dem Einsatz von modularer Produktarchitektur und deren Abbildung im Konfigurator. Das System hat bereits für Begeisterung auf den Messen Anuga FoodTec 2022 und IFFA 2022 gesorgt. Dem Unternehmen GLASS gelingt es so, den wachsenden Kundenanforderungen gerecht zu werden und gleichzeitig die Produktion zu standardisieren.

 **Michael Hieb, M.Sc.**  
E-Mail: michael.hieb@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 47

## Future robustness and modularisation in quotation generation

“Product Creation” workgroup develops a modularisation concept for mixing systems in cooperation with GLASS GmbH & Co. KG

The company GLASS develops and produces customised mixing systems, process plants and food processing machines at the Paderborn site. GLASS mixing systems are capable of mixing 15 to 2,700 litres of mixed material in the shortest possible time under the strictest hygiene conditions. GLASS mixing systems are used for mixing both liquid and dry substances.

GLASS is a typical representative of special machine construction with close customer relations. Customer-specific requirements are an essential element of every mixing system and they are discovered through testing in their demo centre in order to create a tailor-made offer. The mixing systems offered by GLASS GmbH & Co. KG are typically ordered in quantities of one as well as designed and manufactured. Based on the analysis of the existing modular system, the “Product Creation” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute of Professor Iris Gräßler developed a modularisation concept together with the company, which enables the saving of time and costs in the customer-specific configuration of the mixing systems.

A preliminary study conducted by the workgroup showed, among other things, that existing design data is used in 80 per cent of new quotation drawings. This illustrates the high economic potential of a modularisation concept. In the quotation, it is mainly the geometric dimensions, such as width and height or the process cycle and throughput per cycle, that vary. The systems from GLASS fulfil functions such as feeding the drum, vacuuming, mixing and kneading, heating or cooling, stripping and discharging as well as cleaning. In addition, ergonomic constraints must be taken into account. These include, for example, the design of a swivelling bowl, lid actuation and additional components such as a lift for loading.

A configuration system was developed based on customer requirements, configuration rules and mixer variants. This enables employees and partners in the field to select from 3,800 possible variants in a targeted manner and with direct visualisation during quotation preparation with the customer. An online configurator maps the modular system on a rule-based basis and enables interactive configuration directly on the customer’s premises. As a special feature, the customer can view the mixing system in the configurator as a 3D model and have a technical drawing automatically output. This is done by a Python script based on the STEP exchange format.



Endmontage eines Mischsystems bei der Firma GLASS  
Final assembly of a mixing system at GLASS

Karsten Ollesch, authorised signatory of the company, as well as the involved employees from the design department are pleased about the first experiences with the use of modular product architecture and its mapping in the configurator. The system has already generated enthusiasm at the Anuga FoodTec 2022 and IFFA 2022 trade fairs. Therefore, the GLASS company is succeeding in meeting the growing customer requirements while at the same time standardising production.

 **Michael Hieb, M.Sc.**  
E-mail: michael.hieb@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 47

## Identifikation zukunftssträchtiger Anwendungsgebiete

Unterstützung bei der Suche nach neuen Geschäftsfeldern für das Unternehmen H. Butting GmbH & Co. KG

Branchen und Märkte befinden sich im stetigen Wandel: Nicht zuletzt durch technologische und gesellschaftliche Veränderungen ändern sich auch die Bedürfnisse am Markt. Unternehmen stehen deshalb vor der Herausforderung, sich anzupassen und die richtigen Märkte für den eigenen Technologie- und Know-how-Mix zu identifizieren sowie sich in diesen Märkten zu platzieren.

Viele Unternehmen haben ungenutzte Entwicklungspotenziale, da neue und zukunftssträchtige Geschäftsfelder für den eigenen Technologie- und Know-how-Mix unerkannt bleiben. Aus diesem Grund gibt die Fachgruppe „Produktentstehung“ – rund um die Gruppe der strategischen Produktplanung – Unternehmen Hilfestellung, um potenzielle Geschäftsfelder in Form von Märkten und passenden Produktideen zu identifizieren. Eines der Unternehmen ist die H. Butting GmbH & Co. KG, deren Kerngeschäft im Anlagenbau liegt.

Durch die Analyse von Kompetenzen und Produkten des Unternehmens H. Butting GmbH & Co. KG werden Kernkompetenzen definiert und aussagekräftige Produktsteckbriefe erarbeitet. Damit wird die Wissensbasis für die Recherche neuer Geschäftsfelder geschaffen. Die Orientierung an Megatrends und deren Einbindungen in den Kreativitätsprozess der Ideengenerierung gewährleistet die zukunftsorientierte Ausrichtung des Unternehmens. Nach der Durchführung von Kreativworkshops zur Generierung neuer Markt- und Produktideen wird im Internet und auf Fachmessen eine gezielte Hintergrundrecherche durchgeführt.

In einem seit November 2021 gemeinsam laufenden Projekt wurden bereits mehrere Workshops und Experteninterviews sowie groß angelegte Recherchen durchgeführt. Ergebnisse zeigen sich insbesondere in den über 350 Ansatzpunkten für neue Produkte und Märkte. Derzeit ist das Unternehmen Butting als Premiumanbieter im Anlagenbau tätig und fertigt insbesondere längsnahtgeschweißte Rohre und Behälter aus nicht rostenden Stählen.

Aus der Vielzahl an identifizierten Ansatzpunkten wurde eine handhabbare Menge mit Hilfe von K.O.-Kriterien ausgewählt. Die ausgewählten Ansatzpunkte wurden anschließend zu potenziellen und innovativen Märkten und Produktideen ausformuliert und in einem nächsten Schritt priorisiert. Die Priorisierung erfolgt anhand eines mehrstufigen Bewertungsprozesses mit unternehmensspezifischen Kriterien, die sowohl interne als auch externe Faktoren berücksichtigen, z. B. die



Im Rahmen der Identifikation neuer Geschäftsfelder für das Unternehmen H. Butting GmbH & Co. KG setzt die Fachgruppe „Produktentstehung“ auch die Szenario-Technik ein.  
In the context of identifying new business fields for the company H. Butting GmbH & Co. KG, the „Product Creation“ workgroup also uses the scenario technique.

Passfähigkeit zum Unternehmen geprägt durch hohe Qualitätsanforderungen. Durch die Darstellung der Ergebnisse in einem Portfolio wird der Auswahlprozess der zu priorisierenden Ideen visuell unterstützt, wodurch 19 näher zu betrachtende Ideen direkt ausgewählt werden konnten. Vervollständigt werden die Analyse und die Auswahl der Ideen durch die Anwendung und zusätzliche Bewertung der Ideen anhand der Szenario-Technik. Somit kann eine kontinuierliche vorausschauende Orientierung gewährleistet werden, die für die Identifikation von für das Unternehmen zukünftig relevanten Ideen notwendig ist. Derzeit werden die Ideen priorisiert und Handlungsempfehlungen zur Erschließung ausgewählter Märkte erstellt. So kann der nachhaltige Erfolg des Unternehmens H. Butting GmbH & Co. KG gefördert und die Erschließung neuer Geschäftsfelder systematisiert werden.



**Alena Marie Tušek, M.Sc.**  
E-Mail: alena.marie.tusek@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 46

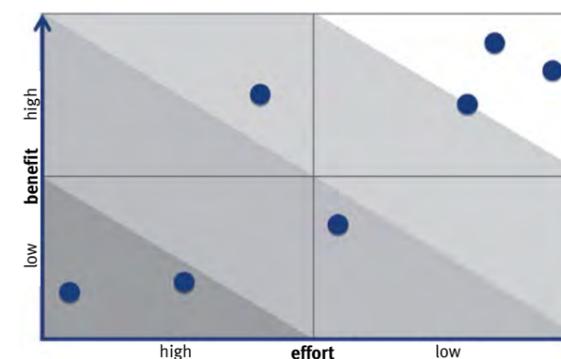
## Identification of promising areas of application

Supporting the search for new business fields for the company H. Butting GmbH & Co. KG

Industries and markets are constantly changing: not least due to the technological and social changes, the market needs are changing. Therefore, companies are faced with the challenge of adapting and identifying the right markets for their own technology and know-how mix as well as positioning themselves in these markets.

Many companies have unexploited development potentials, as new and promising business fields for their own technology & know-how mix remain unidentified. For this reason, the „Product Creation“ workgroup – around the group of strategic product planning – provides assistance to companies in order to identify the potential business fields in the form of markets and suitable product ideas. One of the companies is H. Butting GmbH & Co. KG, whose core business is plant engineering.

By analysing the competencies and products of the company H. Butting GmbH & Co. KG, core competencies are defined and meaningful product profiles are developed. This creates the knowledge base for researching new business areas. The orientation towards megatrends and their integration into the creativity process of idea generation ensures the future-oriented alignment of the company. After conducting creative workshops to generate new market and product ideas, targeted background research is conducted on the Internet and at trade fairs.



Schematische Darstellung des Bewertungsportfolios  
Schematic representation of the valuation portfolio

In a project that has been running jointly since November 2021, several workshops and expert interviews as well as large-scale research have already been conducted. The results are particularly evident in the more than 350 starting points for new pro-



**Alena Marie Tušek, M.Sc.**  
E-mail: alena.marie.tusek@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 46

ducts and markets. Currently, the H. Butting company is active as a premium supplier in plant engineering and manufactures, in particular, longitudinally welded pipes and vessels as well as the further processing of stainless steels.

From the large number of identified starting points, a manageable set was selected using knockout criteria. The selected starting points were then formulated into potential and innovative markets and product ideas and prioritised in a next step. Prioritisation is based on a multi-stage evaluation process with company-specific criteria that take into account both internal and external factors, e.g. fit with the company characterised by high quality requirements. By presenting the results in a portfolio, the selection process of the ideas to be prioritised is visually supported, whereby 19 ideas to be considered in more detail could be selected directly. The analysis and selection of ideas are completed by the application and the additional evaluation of the ideas using the scenario technique. Thus, a continuous forward-looking orientation can be ensured, which is necessary for the identification of ideas relevant for the company in the future. Currently, the ideas are being prioritised and recommendations for action to develop selected markets are being drawn up. In this way, the sustainable success of the company H. Butting GmbH & Co. KG can be promoted and the development of new business areas can be systematised.



»» Alles ist im Fluss ««

»» Everything flows. ««

(Simplikios/Heraclitus)

---

## Christian Oleff

Dr.-Ing.  
Produktentstehung

---

Seit Oktober 2022 bin ich als Oberingenieur in der Fachgruppe „Produktentstehung“ tätig und leite dort den Forschungsbereich Systems Engineering. Mit dem Themenfeld habe ich mich bereits im Rahmen meiner Promotion beschäftigt und das proaktive Änderungsmanagement von Anforderungen erforscht. Ich fand es von Beginn an inspirierend, mit klugen Köpfen um die besten Ideen und Lösungen zu ringen. Die daraus resultierende Dynamik und Vielfalt der Wissenschaft fordert und fördert. Aus diesem Grund habe ich mich entschieden, weiterhin ein aktiver Teil davon sein zu wollen, meine Erfahrungen und Erkenntnisse einzubringen und mit einem Team aus motivierten Wissenschaftler\*innen und Studierenden konstruktiv an den Herausforderungen unserer Zeit zu arbeiten.

Für mich ist der Forschungsbereich Systems Engineering so spannend, weil Systems Engineering von Grund auf interdisziplinär gestaltet ist und Lösungsansätze für den immer anspruchsvoller werdenden Umgang mit Komplexität in der Produktentstehung liefert. Den Fokus meines Forschungsbereichs werde ich auf die modellbasierte Entwicklung (MBSE) und die Etablierung von Strategischer Planung und Resilienter Anforderungsentwicklung legen. Außerdem möchten wir das Systems Engineering hinsichtlich der systematischen Berücksichtigung von Nachhaltigkeit weiterentwickeln. So möchte ich mit meinem Team und unseren Forschungspartner\*innen einen spürbaren Beitrag leisten, um die Produktentwicklung fit für die Zukunft zu machen.

Damit ich dabei selbst fit bleibe, treffe ich mich gerne mit Freund\*innen oder mache ausgedehnte Spaziergänge mit meinem Hund. Seine Lebensfreude ist ansteckend und die frische Luft lässt den Geist zur Ruhe kommen. Das gibt Kraft und Gelassenheit in dieser schnelllebigen Zeit.

---

## Christian Oleff

Dr.-Ing.  
Product Creation

---

Since October 2022, I have been working as a senior engineer in the “Product Creation” workgroup, where I’m the lead of the “Systems Engineering” research area. I have already dealt with the topic Systems Engineering as part of my PhD thesis and investigated the proactive change management of requirements. From the beginning, I found it inspiring to compete with bright minds for the best ideas and solutions. The resulting dynamism and diversity of science both challenges and encourages. For this reason, I have decided to continue to be an active part of it, to contribute my experience and insights and to work constructively with a team of motivated scientists and students on the challenges of our time.

The research area Systems Engineering is so exciting because Systems Engineering is interdisciplinary at its core and provides solutions for the increasingly demanding management of complexity in product development. The focus of my research area will be on Model Based Systems Engineering for sustainable products as well as the establishment of Strategic Planning and Resilient Requirements Engineering. We would also like to further develop systems engineering with regard to the systematic consideration of sustainability. In this way, I would like to make a tangible contribution with my team and our research partners to making product development fit for the future.

To keep myself fit in the process, I like to meet up with friends or go for long walks with my dog. His joy is contagious, and the fresh air allows my mind to relax. That gives me strength and calmness in these fast-paced times.

## Signalverarbeitung und maschinelle Lernverfahren für die Sprachsignale

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Häb-Umbach

Einst ein beliebtes Motiv von Science Fiction-Filmen, sind wir mittlerweile daran gewöhnt, mit Maschinen über gesprochene Eingaben zu kommunizieren, beispielsweise, um eine Suchanfrage für das Internet in unser Smartphone zu sprechen. Wir forschen an Verfahren, um die dafür nötige automatische Spracherkennung zuverlässiger, energieeffizienter und flexibler zu gestalten. Wir weiten dabei auch den Blick auf zukünftige Szenarien aus, bei denen mehrere in einer Umgebung verteilte Aufnahmegeräte zur Verfügung stehen und andere akustische Signale neben Sprachsignalen ausgewertet werden, um das Nutzererlebnis zu verbessern.

E-Mail: [haeb@nt.upb.de](mailto:haeb@nt.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 36 26

 [www.ei.upb.de/nt](http://www.ei.upb.de/nt)

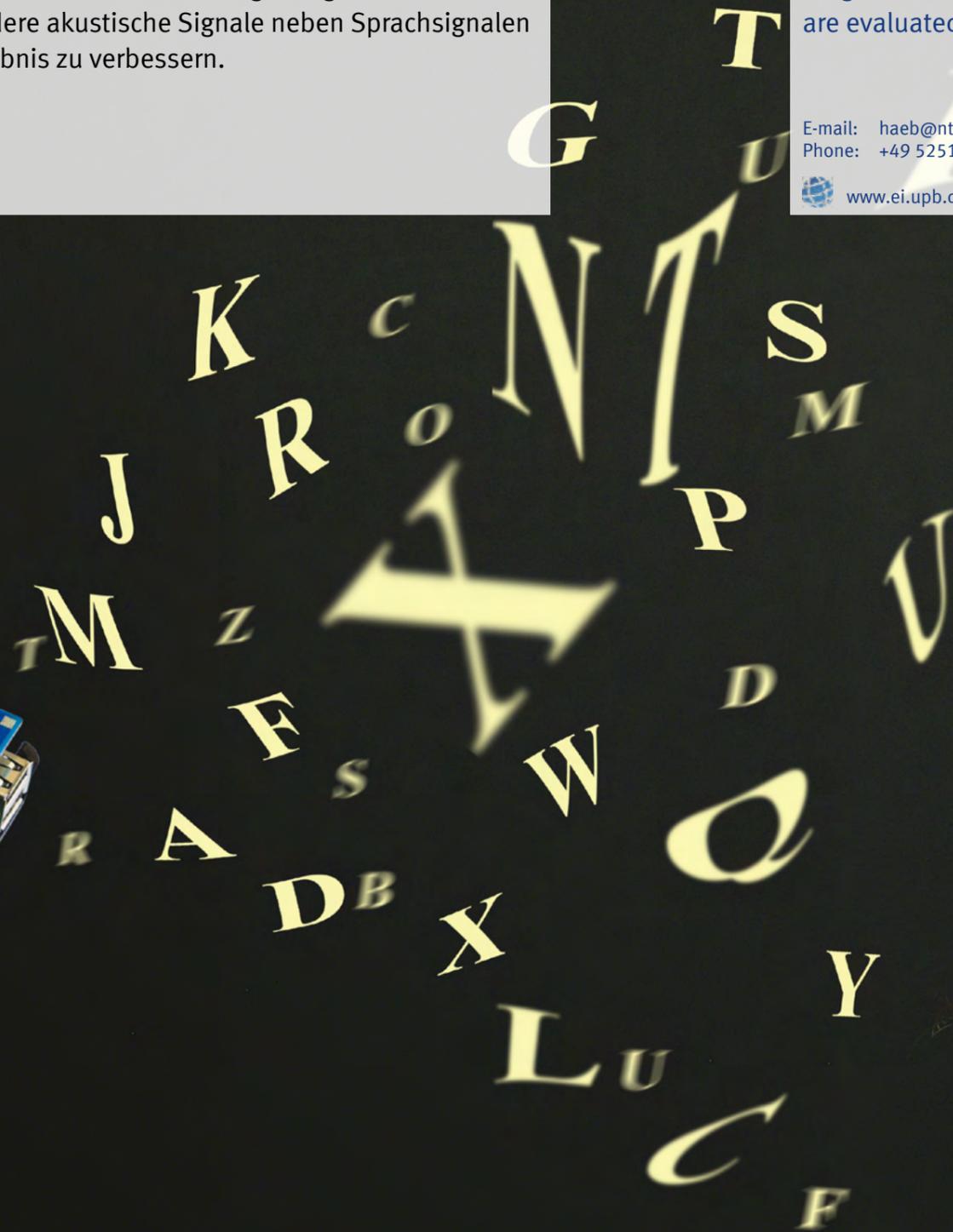
## Signal processing and machine learning for speech signals

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Häb-Umbach

Once a popular motif of science fiction movies, we are nowadays used to communicating with machines via spoken input, for example to speak a search query for the Internet into our smartphone. We are researching methods to make the automatic speech recognition required for this more reliable, energy-efficient and flexible. In doing so, we are also broadening our view to future scenarios in which multiple recording devices distributed in an environment are available and other acoustic signals are evaluated alongside speech signals to improve the user experience.

E-mail: [haeb@nt.upb.de](mailto:haeb@nt.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 36 26

 [www.ei.upb.de/en/nt](http://www.ei.upb.de/en/nt)



## Fachgruppe Nachrichtentechnik

Maschinelle Lernverfahren, und hier insbesondere tiefe neuronale Netze, haben in vielen Bereichen der Technik zu drastischen Verbesserungen geführt. Wir komplementieren diese datengetriebenen Methoden mit modellbasierten Ansätzen der statistischen Signalverarbeitung, um vielfältige Aufgaben der Sprach- und Audiosignalverarbeitung auf innovative Weise zu lösen.

Die gesprochene Sprache ist das wichtigste Kommunikationsmedium für den Menschen, insbesondere auch, um über eine Entfernung zu (tele)kommunizieren. Zudem wird Sprache in zunehmendem Maße auch für die Kommunikation mit Maschinen eingesetzt. Damit dies zuverlässig, flexibel und robust funktioniert, muss das aufgenommene Sprachsignal von externen Einflüssen befreit werden. Unter dem Begriff Sprachsignalverbesserung fasst man Methoden zur Geräuschunterdrückung, Enthaltung oder Entflechtung von Sprachgemischen mehrerer Sprecher\*innen zusammen, während man unter Spracherkennung eine Verschriftung, d. h. die Umsetzung in eine für den Computer lesbare Form, versteht. In all diesen Bereichen sind wir, häufig in Kooperation mit bekannten internationalen Firmen, aktiv. Ein besonderes Merkmal unserer Forschung ist dabei, dass wir maschinelle Lernverfahren mit klassischen Methoden der statistischen Signalverarbeitung geschickt kombinieren, um so zu robusteren, energieeffizienteren und erklärbareren Lösungen zu kommen, als dies mit rein datengetriebenen maschinellen Lernverfahren möglich wäre.

Sprache ist ein faszinierendes Signal, enthält sie doch neben dem Inhalt, d. h. der Information, was gesprochen wird, auch sehr viel Information darüber, wer spricht und in welcher Umgebung gesprochen wird. Die Phonetikforschung untersucht unter anderem, über welche akustische Ausprägungen bestimmte para- und extralinguistische Informationen transportiert werden, die Aufschluss über die Verfassung des Sprechers/der Sprecherin und der Umgebung liefern. Wir glauben, dass diese Forschungsfragestellungen mit den Möglichkeiten heutiger maschineller Lernverfahren, Sprachsignale gezielt manipulieren zu können, auf neuartige Weise untersucht werden können. Hierzu arbeiten wir mit Phonetiker\*innen der Universität Bielefeld in einem DFG-Projekt und im Rahmen des Transregios TRR 318 „Constructing Explainability“ zusammen.

In unserem täglichen Leben sind wir von einer Vielzahl von Geräuschen und anderen akustischen Signalen umgeben. Häufig unbewusst werten wir diese Signale aus, um uns eine Vorstellung über die Umgebung und die Aktivitäten in der Umgebung zu machen. Ein technisches System mit ähnlichen Fähigkeiten hätte vielfältige Anwendungen, etwa für Assistenzsysteme, intelligente Steuerungen oder zur Unterstützung der Umgebungswahrnehmung beim autonomen Fahren. Zusammen mit Fachkolleg\*innen aus anderen deutschen Universitäten erforschen wir im Rahmen einer DFG-Forschungsgruppe sogenannte akustische Sensornetze, die über verteilte Sensorknoten akustische Signale aufnehmen, bereinigen und klassifizieren, um obige Anwendungen zu realisieren.

## Workgroup Communications Engineering

Machine learning methods, and particularly deep neural networks, have led to dramatic improvements in many areas. We complement these data-driven methods with model-based approaches from statistical signal processing to solve diverse speech and audio signal processing tasks in innovative ways.

Spoken language is the most important communication medium for humans, especially to (tele)communicate over a distance. In addition, speech is increasingly used for communication with machines. For this to work reliably, flexibly and robustly, the recorded speech signal must be freed from external influences. The term speech signal enhancement covers methods for noise suppression, dereverberation or separation speech mixtures into the speech of the participating speakers. Conversely, automatic speech recognition is understood to mean its transcription, i.e. the conversion of the acoustic signal into a machine readable form understood by a computer. We are active in all these areas, often in cooperation with well-known international companies. A special feature of our research is that we combine machine learning methods with classical methods of statistical signal processing to arrive at more robust, energy-efficient and explainable solutions than would be possible with purely data-driven machine learning methods.

Speech is a fascinating signal, because, in addition to the content, i.e. information about what is being spoken, it also contains a great deal of information about who is speaking and in what environment. Phonetics research investigates, among other things, which acoustic features are used to convey certain para- and extralinguistic information that provides information about the state of the speaker and the environment. We believe that these research questions can be investigated in novel ways using the capabilities of current machine learning techniques to manipulate speech signals in a targeted manner. To this end, we are collaborating with phoneticians at the University of Bielefeld in a project funded by DFG, and within the Transregio TRR 318 “Constructing Explainability”.

In our daily lives, we are surrounded by a multitude of sounds and other acoustic signals. Often unconsciously, we evaluate these signals to form an idea about the environment and the activities in it. A technical system with similar capabilities would have a wide range of applications, such as for assistance systems, intelligent control systems or to support ambience perception in autonomous driving. Together with colleagues from other German universities, we are researching so-called acoustic sensor networks as part of a DFG research group, which record, clean up and classify acoustic signals via distributed sensor nodes in order to realise the above applications.

## Akustische Sensornetze

### Systeme für die verteilte akustische Signalverarbeitung

Die DFG-Forschungsgruppe „Akustische Sensornetze“ (FOR 2457) forscht an Schlüsselthemen der akustischen Signalverarbeitung, die auf der Infrastruktur eines akustischen Sensornetzes basieren. Das seit 2016 von der DFG geförderte und von Professor Reinhold Hüb-Umbach geleitete Projekt ist eine Kooperation von Forscher\*innen der Universitäten Bochum, Erlangen, Oldenburg und Paderborn sowie des Hasso-Plattner-Instituts Potsdam.

Die beiden in der Fachgruppe „Nachrichtentechnik“ bearbeiteten Teilprojekte beschäftigen sich zum einen mit der Lokalisation und Zeitsynchronisation von Sensorknoten und zum anderen mit akustischer Ereignisdetektion.

#### Zeitsynchronisation und räumliche Lokalisierung von Sensorknoten

Die Oszillatoren zur Steuerung der Abtastung in den einzelnen Sensorknoten des Netzes benötigen eine präzise zeitliche Synchronisation, damit die verteilt aufgenommenen Datenströme optimal verarbeitet werden können, etwa um durch akustische Strahlformung ein Signal mit verbesserter Qualität zu berechnen. Auch wenn die D/A-Umsetzer nominell dieselbe Abtastfrequenz verwenden, so sind die tatsächlichen Abtastraten und Abtastzeitpunkte aufgrund von Umgebungseinflüssen und Bauteilunterschieden leicht verschieden, und es werden Algorithmen benötigt, um diese Unterschiede auszugleichen. Unsere Arbeiten konzentrieren sich dabei auf Verfahren, bei denen Synchronisationsinformation ohne Verwendung von Kalibriertönen oder anderen Hilfsmitteln rein aus den aufgenommenen Audiosignalen gewonnen wird.



Sensorknoten mit mehrkanaliger Soundcard  
Sensor node with a multi-channel soundcard

Räumliche Informationen können in der akustischen Signalverarbeitung gewinnbringend eingesetzt werden, um Sprecher\*innen zu lokalisieren oder Signalquellen zu trennen. Häufig ist jedoch die räumliche Verteilung der Knoten, d. h. die Geometrie des akustischen Sensornetzes unbekannt. Diese kann aus der



Dr. Jörg Schmalenströer  
E-Mail: schmalen@nt.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 36 23

Beobachtung einer sich bewegenden Schallquelle, z. B. einer Sprecherin/eines Sprechers, gewonnen werden. Hier konnten wir neuartige Ansätze entwickeln, die die Geometrie des Netzes schätzen, ohne dass dafür eine Zeitsynchronisation der Sensorknoten vonnöten ist. Umgekehrt profitiert die Zeitsynchronisation von der so gewonnenen Kenntnis über die Anordnung der Sensorknoten.

#### Geräuschklassifikation mit geringen Anforderungen an die Trainingsdaten

Aktuelle Verfahren zur Erkennung von Audiosignalen basieren auf maschinellen Lernverfahren, deren Klassifikationsraten maßgeblich von den verfügbaren Trainingsdaten bestimmt werden. Die Vielfalt an akustischen Ereignissen und die Vielzahl an möglichen Anwendungsumgebungen macht es jedoch aus Zeit- und Kostengründen unmöglich, für jede Anwendung eine hinreichend große Menge an annotierten Trainingsdaten zu sammeln. Vorhandene Trainingsdaten sind zudem meist nur „schwach“ annotiert, d. h. dass zwar das vorliegende akustische Ereignis angegeben ist, nicht jedoch dessen Start- und Endzeitpunkt innerhalb der Aufnahme. In diesem Projekt entwickeln wir Verfahren, um selbst mit schwach annotierten Trainingsdaten und mit Trainingsdaten aus anderen Umgebungen und Anwendungen leistungsfähige Audioklassifikatoren für eine Zielanwendung zu entwickeln. Dabei arbeiten wir auch an selbstüberwachten Lernverfahren, die überhaupt keine Annotationen benötigen.

## Acoustic sensor networks

### Systems for distributed acoustic signal processing

The DFG research unit “Acoustic Sensor Networks” (FOR 2457) conducts research on key areas in acoustic signal processing based on the infrastructure of an acoustic sensor network. The project, which has been funded by the DFG since 2016 and which is led by Professor Reinhold Hüb-Umbach, is a collaboration between researchers from the universities of Bochum, Erlangen, Oldenburg and Paderborn as well as from the Hasso-Plattner-Institute in Potsdam.

The two subprojects being executed in the “Communications Engineering” workgroup of Paderborn University are concerned, on the one hand, with the localisation and time synchronisation of sensor nodes and, on the other hand, with acoustic event detection.

#### Time synchronisation and localisation of sensor nodes

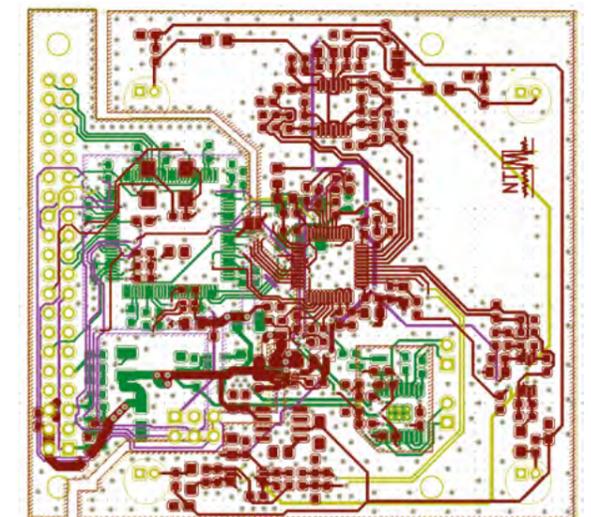
The oscillators controlling the sampling in the individual sensor nodes of the network require precise time synchronisation for the distributed recorded data streams to be processed optimally, for example, to produce a signal with improved quality by acoustic beamforming. Even though D/A converters nominally use the same sampling frequency, the actual sampling rates and sampling phases are slightly different due to environmental effects and component differences. Thus, algorithms are needed to compensate for these differences. Our work here focuses on methods in which synchronisation information is obtained purely from the recorded audio signals without the use of calibration tones or other aids.

Spatial information can be beneficially used in acoustic signal processing to localise speakers or separate signal sources. However, the spatial distribution of nodes, i.e. the geometry of the acoustic sensor network, is often unknown. This geometry information can be obtained from the observation of a moving sound source, e.g. a speaker. Here, we were able to develop novel approaches that estimate the geometry of the network without requiring the time synchronisation of the sensor nodes. Conversely, the time synchronisation benefits from the knowledge thus gained about the arrangement of the sensor nodes.

#### Sound recognition with limited supervision

Current methods for recognising audio signals are based on machine learning techniques whose classification rates are largely determined by the available training data. However, the variety of acoustic events and the large number of possible application environments make it impossible to collect a suffi-

ciently large amount of annotated training data for each application due to the time and cost constraints. Existing training data is also usually only “weakly” annotated, i.e. the acoustic event at hand is specified, but not its start and end time within the recording. In this project, we are developing methods to devise powerful audio classifiers for a target application even with weakly annotated training data and with training data from other environments and applications. We are also working on self-supervised learning methods that do not require annotations at all.



Leiterplattendesign für eine in einem Sensorknoten verwendete mehrkanalige Soundkarte  
Printed circuit board design for sensor node mounted multi-channel soundcard



Dr. Jörg Schmalenströer  
E-mail: schmalen@nt.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 36 23

## Verschriftung von Gesprächssituationen

### Systeme für die robuste Spracherkennung in Fernfeld-Szenarien

Im Rahmen mehrerer Projekte und Kooperationen befassen wir uns mit der maschinellen Verschriftung von Gesprächssituationen, seien es professionelle Besprechungen oder lockere Treffen unter Freund\*innen. Zu diesem Thema herrscht noch großer Forschungsbedarf, denn bisherige Lösungen erreichen bei Weitem nicht die Erkennungsleistung eines Menschen.

Eine Software zur automatischen Verschriftung von Gesprächen, wie etwa Meetings von Geschäftspartner\*innen oder Arbeitsgruppentreffen, kann das manuelle Protokollieren ersetzen und damit zu einer Arbeitserleichterung führen. Jedoch ist die automatische Spracherkennung gerade in diesem Anwendungsbereich besonders schwierig: Zum einen ist die Signalqualität aufgrund von Umgebungseinflüssen, wie z. B. Raumhall, schlecht. Und es kommt gerade bei informellen Gesprächssituationen immer wieder vor, dass sich die Personen ins Wort fallen, oder es entwickeln sich parallel verlaufende Gespräche unter den Teilnehmer\*innen, sodass sich die Signale mehrerer Sprecher\*innen überlappen.

Ist die Spracherkennung schon aus den genannten Gründen problematisch, so ist eine wörtliche Verschriftung alleine nicht sehr hilfreich. Zumindest sollte auch protokolliert werden, wer etwas gesprochen hat. Wir entwickeln daher Verfahren, die nicht nur das Gesprochene verschriften, sondern auch mit einer Annotation versehen, wer wann gesprochen hat. Dabei werden die Algorithmen so entworfen, dass die Gesamtzahl der Sprecher\*innen vorab nicht bekannt sein muss.

Diese Annotierungsaufgabe, die im Englischen als „Diarization“ bezeichnet wird, umfasst im Wesentlichen zwei Teilaufgaben: die Segmentierung der Besprechung in Zeitabschnitte, in denen die Gesprächssituation konstant ist, d. h. in denen es keine Sprechwechsel gibt, und die korrekte Identifikation des/der in dem Segment aktiven Sprechers/Sprecherin oder der aktiven Sprecher\*innen, falls mehrere gleichzeitig sprechen sollten. Wir entwickeln Verfahren, die dies zuverlässig ermöglichen, wobei insbesondere die korrekte Annotation bei Sprecherüberlapp und die korrekte Identifikation eines/einer längere Zeit inaktiven Sprechers/Sprecherin eine Herausforderung darstellen.

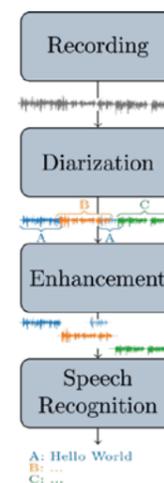
Um Beeinträchtigungen der Signalqualität durch Raumhall und andere akustische Störungen zu reduzieren, werden Mikrofongruppen eingesetzt. Hierdurch kann sich das Gerät auf die Richtung des Zielsprechers/der Zielsprecherin konzentrieren und Störungen aus anderen Raumrichtungen unterdrücken. Dazu



**Christoph Böddeker, M.Sc.**  
E-Mail: boeddeker@nt.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 52 88

wurden in der Vergangenheit statistische Ansätze und heutzutage vermehrt neuronale Netze eingesetzt. Wir integrieren beide Ansätze, um ihre Stärken zu kombinieren: Die statistischen Modelle erlauben eine präzise akustische Strahlformung auf eine bestimmte Raumrichtung hin, während die neuronalen Netze die Bestimmung der Raumrichtung des Zielsprechers/ der Zielsprecherin und der Störungen beitragen.

Für die Verarbeitung von Gesprächssituationen, in denen mehrere Sprecher\*innen aktiv sind und sich deren Sprache überlappen kann, sind Vorverarbeitungsschritte notwendig, die Sprachaktivität erkennen und Sprecherüberlappungen in die Signale der beteiligten Sprecher\*innen trennen, damit anschließend eine robuste Verschriftung möglich ist. Hierfür haben wir ein Verfahren entwickelt, welches unabhängig von der Anzahl der Sprecher\*innen die Signale auf zwei Ausgangskanäle so verteilt, dass keinerlei Sprecherüberlapp mehr vorhanden ist.



Verarbeitungsschritte eines Systems zur Verschriftung von Gesprächssituationen  
Processing steps of a system for the transcription of conversational speech

## Automatic meeting transcription

### Systems for robust speech recognition in far-field scenarios

Within the scope of several projects and cooperations with industrial partners, we are concerned with the transcription of conversational speech, whether from recordings of professional meetings or casual gatherings among friends. There are a lot of interesting technical challenges in this field.

A software program for the automatic transcription of conversations, such as meetings among business partners or work group meetings, can replace manual logging and thus avoid this rather unpopular task. However, automatic speech recognition is particularly difficult in this application: For one part, the signal quality can be poor due to environmental influences such as room reverberation. And it frequently happens, especially in informal conversation settings, that people start talking before the other person has stopped or that parallel conversations develop among the participants, so that the signals of several speakers overlap.



Visualisierung eines Meeting-Szenarios. Sprecher können mehrfach aktiv sein und ihre Sprache kann sich überlappen.  
Illustration of a meeting scenario. Speakers are active multiple times and their utterances may overlap in time.

Not only is speech recognition difficult for the reasons mentioned, verbatim transcription alone is not very helpful. At the very least, it should also be annotated as to who has said something. We are, therefore, developing methods that not only transcribe what is spoken, but also amend the transcription with information about who spoke and when. We also ensure that the algorithms are designed in such a way that the total number of speakers does not have to be known in advance.

This annotation task, known as diarisation in English, essentially involves two subtasks: First, segmenting the meeting into time segments in which the conversational situation is constant, i.e. in which there are no speaker changes, and, second, correctly identifying the active speaker in the segment, or the active speakers if more than one person should be speaking at the same time. We are working on procedures that allow this to be done reliably, with particular attention to correct annotation in the case of speaker overlap and correct identification of a speaker who has been inactive for a long time.

Microphone arrays are used to mitigate signal quality degradation due to room reverberation and other acoustic disturbances. The spatial information gathered by them allows the system to focus on the direction of the target speaker and suppress interference from other room directions. While this was achieved with statistical approaches in the past, nowadays more and more neural network based solutions are used. We integrate both approaches to combine their strengths: The statistical models allow precise acoustic beamforming towards a specific spatial direction, while the neural networks contribute the determination of the spatial direction of the target speaker to which the system should focus.

For the processing of conversational speech, where multiple speakers are active and their speech may overlap, pre-processing steps are needed to detect speech activity and separate speaker overlap into the signals of the participating speakers, so that robust transcription is subsequently possible. For this purpose, we have developed a method that maps the multi-speaker signals to two output channels in such a way that there is no longer any speaker overlap on those channels regardless of the number of speakers present in the meeting.



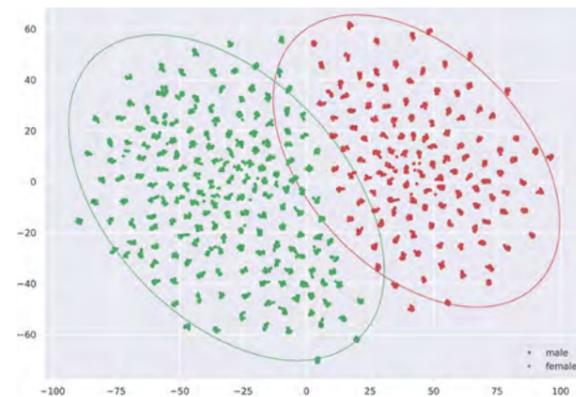
**Christoph Böddeker, M.Sc.**  
E-mail: boeddeker@nt.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 52 88

## Tiefe generative Modelle für die Phonetikforschung

### Technisch unterstütztes Erklären von Stimmcharakteristika

Deep Learning hat in den letzten Jahren viele Bereiche revolutioniert. So kann man mit tiefen neuronalen Netzen gesprochene Sprache aus Texteingabe synthetisieren, die kaum noch von natürlicher Sprache zu unterscheiden ist. Im Rahmen zweier Projekte entwickeln wir Verfahren, um eine gezielte Modifikation phonetisch relevanter Merkmale in einem Sprachsignal durchzuführen und untersuchen deren Tauglichkeit für die Phonetikforschung.

Die Phonetik ist die Wissenschaft von der gesprochenen Sprache. Sie beschäftigt sich unter anderem damit, durch welche akustischen Merkmale bestimmte para- oder extralinguistische Phänomene im Sprachsignal encodiert werden. Dazu werden Sprachproben von Proband\*innen gesammelt und untersucht. Problematisch ist dabei, dass verschiedene Einflussfaktoren das Sprachsignal bestimmen, wie etwa Sprechercharakteristika, Umwelteinflüsse und der Inhalt des Gesprochenen, die nicht leicht voneinander zu trennen sind, um ein einzelnes Phänomen zu untersuchen.



Zweidimensionale Darstellung des hochdimensionalen Sprecherraums. Eine Einfärbung der Sprecher\*innen nach Geschlecht zeigt, dass männliche Sprecher und weibliche Sprecherinnen leicht zu unterscheidende Gruppen bilden.

Two-dimensional representation of the high-dimensional speaker space. Colouring the speakers by gender shows that male and female speakers form easily distinguishable groups.

Hier setzt unsere Forschung an. Im Rahmen der Projekte “Deep Phonetics” (DFG 446378607) und “Constructing Explainability” (TRR 318) arbeiten wir mit Phonetiker\*innen der Universität Bielefeld zusammen, die das nötige Expertenwissen zur Bewertung von Stimmqualität beisteuern. Wir haben ein System zur Entflechtung der Variationen im Sprachsignal aufgrund der Stimmqualität des Sprechers/der Sprecherin und zum anderen aufgrund des Inhalts des Gesprochenen entwickelt. Dadurch können wir die Stimmqualität des Sprechers/der Spre-



**Michael Kuhlmann, M.Sc.**  
E-Mail: kuhlmann@nt.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 36 80

cherin ungeachtet des Satzinhalts untersuchen. Beispielsweise erlaubt eine Dimension im Raum der Sprechereigenschaften eine fast perfekte Trennung in männliche Sprecher und weibliche Sprecherinnen (Abbildung links). Weiter lässt sich durch Austauschen der Sprechereigenschaften mit denen eines/r anderen Sprechers/Sprecherin eine Stimmenkonvertierung durchführen. Damit werden Sprachproben mit identischem Inhalt, aber unterschiedlichen stimmlichen Charakteristika erzeugt, die sich besonders gut zur Erforschung von akustischen Realisierungen von perceptiven Eigenschaften der Sprache eignen.

### Synthetisierte Sprachproben helfen Expert\*innen bei der Erklärung

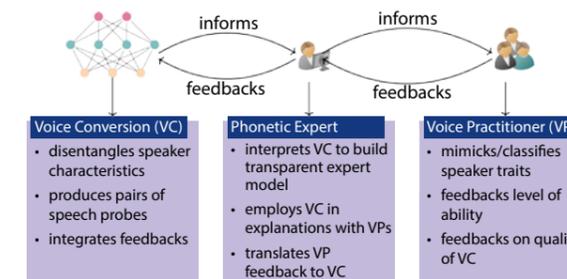
Die Erkennung von Krankheitsbildern anhand der Stimmqualität ist ein Forschungsgebiet in der klinischen Linguistik. Allerdings gibt es für die Beurteilung der Stimmqualität kein objektives Maß: Die Beurteilung ist subjektiv und beruht auf Erfahrung. Dies führt häufig zu Fehlern und Inkonsistenzen in der Bewertung. Hier können Systeme zur Stimmenkonvertierung helfen, um Stimmqualitäten auf das Sprachsignal aufzuprägen oder zu entfernen. Anhand der so synthetisierten Sprachproben kann ein Experte/eine Expertin in den klinischen Linguist\*innen die Eigenschaften verschiedener Stimmqualitäten anschaulich erklären. Zugleich dient das Feedback des Experten zur Verbesserung der Natürlichkeit der synthetisierten Sprachproben (Abbildung rechts).

## Deep generative models for research in phonetics

### Technically supported explaining of voice characteristics

Deep learning has revolutionised many areas in recent years. For example, deep neural networks can be used to synthesise speech from text input that can hardly be distinguished from natural speech. In two projects, we are developing methods to perform targeted modifications of phonetically relevant features in a speech signal and investigate their suitability for phonetics research.

Phonetics is the science of spoken language. Among other things, it deals with the acoustic features that encode certain para- or extralinguistic phenomena. For this purpose, speech samples are collected from test persons and scrutinised. However, a recurring problem is that the speech signal is influenced by many factors, such as speaker characteristics, environmental influences and the content of what is said. That makes it extremely difficult to isolate the effect on the speech signal caused by the particular factor you are interested in.



Ein Sprachumwandlungssystem synthetisiert Sprachproben, die von erfahrenen Phonetiker\*innen ausgewertet werden und dazu dienen, verschiedene Stimmqualitäten anschaulich zu erklären. A voice conversion system synthesises speech samples that are evaluated by experienced phoneticians and used to vividly explain different voice qualities.

This is where our research comes in. Within the projects “Deep Phonetics” (DFG 446378607) and “Constructing Explainability” (TRR 318), we collaborate with phoneticians at Bielefeld University who contribute the necessary expert knowledge in phonetics to assess voice quality. We have developed a system for disentangling the variations in the speech signal caused by the voice characteristics of the speaker from those caused by the content of what is spoken. This allows us to study the voice quality of the speaker regardless of the content of the sentence. For example, one dimension in the space of speaker features allows an almost perfect separation into male and female speakers (Figure left). Furthermore, voice conversion can be performed by exchanging the speaker properties with those of another speaker. This produces speech samples with

identical content but different voice characteristics, which are particularly useful for exploring acoustic realisations of perceptual properties of speech.

### Synthesised speech samples help experts to explain phonetic phenomena

Detecting disease patterns based on voice quality is an area of research in clinical linguistics. However, there is no objective measure for assessing voice quality: The evaluation is subjective and based on experience. This often leads to errors and inconsistencies in the assessment. This is where voice conversion systems can help to imprint or remove certain voice qualities from a speech signal. Using the speech samples synthesised in this way, an expert can clearly explain the characteristics of different perceptual voice qualities to clinical linguists. At the same time, the expert’s feedback serves to improve the naturalness of the synthesised speech samples (Figure right).



**Michael Kuhlmann, M.Sc.**  
E-mail: kuhlmann@nt.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 36 80



» Großer Krieger? Groß machen Kriege niemanden! «

» Great warrior? Wars not make one great. «  
(Yoda)

## Janek Ebbers

M.Sc.  
Nachrichtentechnik

Geboren 1992, wuchs ich im Münsterland in einem Dorf namens Dreierwalde auf. Nach dem Abitur in 2011 wollte ich zunächst ein duales Maschinenbaustudium beginnen. Auf meine Bewerbungen habe ich jedoch nur Absagen erhalten. „Glück gehabt“, denke ich mir heute. Ich habe mir dann vorgenommen, Elektrotechnik zu studieren, wovon mein Bruder sagte, es wäre superinteressant, aber anspruchsvoll. Die Wahl fiel auf die Universität Paderborn, da ein Kumpel und ich an einer Universität studieren wollten, die nicht allzu fern der Heimat ist. Die Universität Paderborn war die erste, bei der wir beide eine Zusage erhielten. Auch hier denke ich mir heute „Glück gehabt!“. Zu dem Zeitpunkt hatte ich bei Elektrotechnik aber noch an Elektromotoren oder ähnliche Dinge gedacht. Zum Ende des Bachelors hatte ich dann jedoch zum Fachgebiet Nachrichtentechnik gefunden, wo ich, insbesondere während des Masters, meine Faszination für das maschinelle Lernen entdeckte. Insgesamt ein ziemlicher Luckshot.

Schon während des Masters nahm ich eine enge Bindung zum Fachgebiet auf, indem ich viele der Kurse besuchte, als studentische Hilfskraft tätig war und dort meine Abschlussarbeit schrieb – inkl. 3-monatigem Auslandsaufenthalt an der CMU in Pittsburgh, USA. Nach meinem Abschluss in 2017 wurde ich dann als wissenschaftlicher Mitarbeiter/Promotionsstudent übernommen. Im Rahmen meiner Promotion beschäftige ich mich mit der maschinellen Geräuscherkennung. Stellt euch vor, ihr steht auf dem Markt am Dom und schließt die Augen. Ihr könnt eine Vielzahl an Geräuschen wahrnehmen und interpretieren, woraus ihr schließen könnt, was um euch herum passiert. Dies ist eine bemerkenswerte Fähigkeit der menschlichen Kognition. Maschinelle Geräuscherkennung bedeutet, eben diese Fähigkeit mittels Computern nachzubilden. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig. Ein Beispiel sind autonome Fahrzeuge, die in der Lage sein sollten, das akustische Umfeld (wie z. B. Sirenen) wahrzunehmen.

Als Ausgleich zur Arbeit gehe ich gerne eine Runde laufen oder ins Fitnessstudio. Ich trinke gerne, häufig und viel Kaffee, bin ein großer Star Wars-Fan (außer von der neuesten Trilogie) und genieße es, Zeit mit meiner Verlobten, Familie und Freund\*innen zu verbringen, die mir stets Rückhalt geben. Daher bin ich vor einigen Jahren zurück nach Dreierwalde gezogen, wo ich seither mit meiner Verlobten wohne. Aktuell planen wir und freuen uns auf unsere Hochzeit im nächsten Jahr.

## Janek Ebbers

M.Sc.  
Communications Engineering

Born in 1992, I grew up in the Münsterland in a village called Dreierwalde. After the Abitur in 2011, I wanted to cooperatively study mechanical engineering. My applications, however, have all been rejected. Today, I feel lucky for that. I wanted to study electrical engineering then, where my brother said it is super interesting but challenging. I chose Paderborn University as a friend and I wanted to study at a university which is not too far from home. Paderborn University was the first where both of us have been accepted. Also for this I feel lucky today. At that time, however, I thought electrical engineering would be about electric motors and so on. At the end of my bachelor's degree I then got in touch with the Department of Communications Engineering, where I found, particularly during my master's degree, my passion for machine learning. Overall, it was a very lucky shot.

Already during my master's degree, I connected to the department by taking many of its courses, working as a student assistant and writing my master's thesis there, including a 3 month stay abroad at the CMU in Pittsburgh, USA. After my master's degree, I was then employed as a research associate/PhD student.

My research focuses on machine listening. Imagine you are standing on a market place in front of a cathedral with your eyes closed. You can hear and interpret various sounds, allowing you to recognise what is happening around you. This is a remarkable ability of human cognition. Machine listening tries to replicate this ability by computers. There are many possible applications. One example is autonomous driving, where the vehicle should be able to recognise the sounds around it (such as sirens).

As a balance to work, I like to go running or to the gym. I like to drink coffee frequently and excessively, I am a big Star Wars fan (except for the most recent trilogy) and I enjoy spending time with my fiancée, family and friends, which always support me. Therefore, I moved back to Dreierwalde some years ago, where I have been living with my fiancée since then. Currently, we are planning and looking forward to our wedding next year.

## 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. Hochleistungsrechnernetzwerke, drahtlose, mobile Kommunikationsnetze oder durch Spezialhardware unterstützte Systeme, neue Herausforderungen für den Entwurf effizienter Algorithmen darstellen.

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

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

## High performance = Innovative computer systems + Efficient algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide  
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)



## 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 Informationen 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 an den Nutzer\*innen 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 geometrisch einfache Konfigurationen, wie 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 der Betrachter\*innen. Ein derzeitiger Schwerpunkt ist die Entwicklung von sogenanntem progressivem Sampling, das es erlaubt, das Clustern von zusammengehörigen geometrischen Primitiven effizient auf der Grafikkarte zu erledigen.

### Algorithmische Spieltheorie

Wir studieren Interaktionen und lösen schwierige Optimierungsprobleme. Wir betrachten stabile Zustände von Spielen und versuchen, realistische Aspekte von Interaktionen, wie Werte und Legalität, zu modellieren. Wir untersuchen auch das Zusammenspiel von Algorithmen und Spielen. In jüngster Zeit haben wir die stabilen Zustände von Interaktionen auf Graphen und den Preis von Koordinationsfehlern analysiert. Auch modellieren wir die Art und Weise, wie man von einem stabilen Zustand zu einem anderen Zustand wechselt, indem man eine Gruppe von Agenten einsetzt, die die anderen motivieren, ebenfalls zu wechseln.

## 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 imperative 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 major 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.

### Algorithmic game theory

We model and analyse interactions as well as solve hard optimisation problems. We consider different stable states of games, trying to model realistic aspects of interactions, such as values and legality. We also study the confluence of algorithms and games as well as design algorithms for various hard problems. Recently, we have been analysing the stable states of interactions on graphs and the price incurred by failures to coordinate. We also model the way to switch from a stable state to another stable state using a group of agents who motivate the others to change as well.

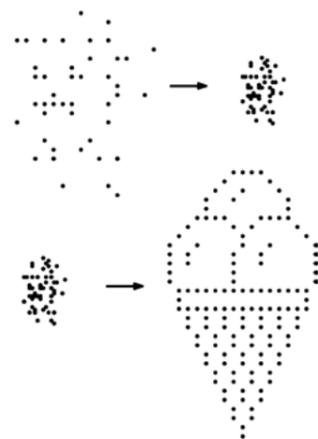
## Lokale Strategien für autonome Roboterschwärme

Wir betrachten Schwärme von autonomen Robotern, die sich in einem Gebiet ohne Infrastruktur bewegen. Da jeder Roboter lediglich lokale Informationen besitzt, sind bereits einfache Formationsaufgaben nicht trivial. Wir entwerfen effiziente Algorithmen für solche Formationsaufgaben und analysieren ihre Laufzeit.

### Kollisionsfreies Gathering

Eine typische Annahme für Roboterschwärme ist, dass jeder Roboter nur eine begrenzte Sichtweite hat und keine zentrale Kontrolle existiert, die die Aktionen der Roboter steuert. Dadurch werden globale Formationsaufgaben wie z. B. das Bilden eines großen Kreises zu einer großen Herausforderung. Eine Variante, mit diesem Problem umzugehen, ist das sogenannte „Near-Gathering“ (etwa, „Nah-Versammlung“): Die Roboter werden zuerst auf einer kleinen Fläche versammelt, sodass sich alle Roboter gegenseitig sehen können. In diesem Moment haben die Roboter faktisch eine globale Sicht und können diese nutzen, um sich (auf kleiner Fläche) zu koordinieren. Diese globale Interaktion erlaubt es, ganz neue Formationsprobleme in lokalen Modellen zu betrachten. Allerdings ist es wichtig, dass jeder Roboter eine eigene Position einnimmt (Roboter dürfen nicht kollidieren). Um dies zu garantieren, haben wir eine Klasse von Algorithmen entwickelt, die das Near-Gathering effizient lösen.

Aufbauend auf dem Near-Gathering arbeiten wir aktuell daran, das Pattern-Formation-Problem, welches bereits mit globaler Sicht gelöst ist, für lokale Strategien zu adaptieren. Ziel ist es, dass alle Roboter Positionen in einem Pattern annehmen,



Ein Beispiel für Near-Gathering (oben) und für Pattern-Formation im Anschluss an das Near-Gathering (unten)  
An Example for Near-Gathering (top) and for Pattern-Formation after the Near-Gathering (bottom)



**Jannik Castenow, M.Sc.**  
E-Mail: jannik.castenow@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 20



**Jonas Harbig, M.Sc.**  
E-Mail: jonas.harbig@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 27



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Projekt: Verteiltes Rechnen trifft Dynamische Systeme  
Projektpartner: Prof. Dr. Michael Dellnitz (Universität Paderborn)

welches explizit angegeben ist. Dies kann beispielsweise ein Kreis, ein bestimmtes Polygon, aber auch eine komplexe Figur ähnlich wie bei dem Kinderspiel, „Malen-Nach-Zahlen“ sein. Die Herausforderung dabei ist, dass die Positionen des Patterns zwar bekannt sind, aber keine Zuordnung zwischen Robotern und Positionen existiert.

### Visuelle Darstellung von autonomen Roboterschwärmen

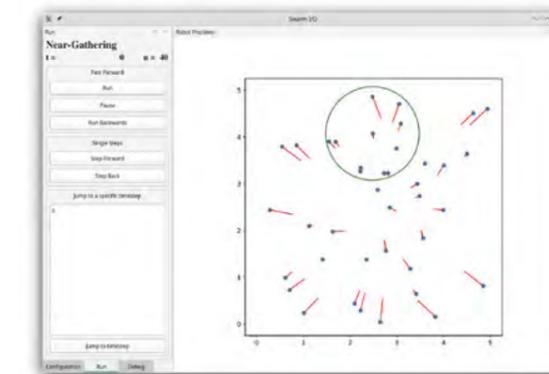
In unserer Forschung beschäftigen wir uns hauptsächlich mit der Entwicklung, den Beweisen der Korrektheit und der Analyse der Effizienz von Algorithmen, die Formationsprobleme lösen, wie z. B. das oben beschriebene Near-Gathering. Eine Herausforderung dabei ist es, sich das globale Verhalten des Schwarms vorzustellen, welches sich aus den lokalen Algorithmen der einzelnen Roboter ergibt. Um diesen Prozess zu erleichtern, haben wir im vergangenen Jahr an einem Simulator gearbeitet. Ziel ist es, dass mit wenig Aufwand bekannte Algorithmen abgewandelt und neue hinzugefügt werden können. Dies erlaubt es, schon im Denkprozess über neue Algorithmen einen Prototypen zu implementieren, um früh Fehler in den Ansätzen zu finden und die Funktionsweise für einen nachfolgenden Beweis besser zu verstehen.

## Local strategies for autonomous robot swarms

We consider swarms of autonomous robots moving in an area without infrastructure. Since each robot has only local information, even simple formation tasks are non-trivial. We design efficient algorithms for such formation tasks and analyse their runtime.

### Collisionfree gathering

A typical assumption for robot swarms is that each robot has limited visibility and no central control exists to direct the robots' actions. This makes global formation tasks such as forming a large circle a major challenge. A variant to deal with this problem is the so-called ‚near-gathering‘: The robots are first collected in a small area so that all the robots can see each other. At this moment, the robots effectively have a global view and can use it to coordinate (in a small area). This global interaction allows us to consider entirely new formation problems in local models. However, it is important that each robot has its own position (robots must not collide). To guarantee this, we have developed a class of algorithms that efficiently solve near-gathering.



Ein Screenshot des Simulators bei der Ausführung des Near-Gathering Algorithmus (blau: Roboter; rot: nächste Bewegung; grüner Kreis: Sichtradius eines Roboters)

A screenshot of the simulator while executing the Near-Gathering Algorithm (blue: robot; red: next movement; green circle: sight radius of a robot)

Building on near-gathering, we are currently working on adapting the pattern formation problem, which has already been solved with global vision, for local strategies. The goal is to have all robots assume positions in a pattern that is explicitly specified. This can be, for example, a circle or a certain polygon, but also a complex figure similar to the children's game ‚paint-by-num-

bers‘. The challenge is that the positions of the pattern are known but there is no mapping between robots and positions.

### Visual simulation of autonomous robot swarms

In our research, we are mainly concerned with the development, proofs of correctness and analysis of the efficiency of algorithms that solve formation problems, such as the above-mentioned near-gathering. One challenge here is to envision the global behaviour of the swarm resulting from the local algorithms of the individual robots. To facilitate this process, we have been working on a simulator over the past year. The goal is to be able to modify known algorithms and add new ones with little effort. This allows you to implement a prototype already in the thinking process about new algorithms in order to find errors in the approaches early and to better understand the functionality for a subsequent proof.



**Jannik Castenow, M.Sc.**  
E-mail: jannik.castenow@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 20



**Jonas Harbig, M.Sc.**  
E-mail: jonas.harbig@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 27



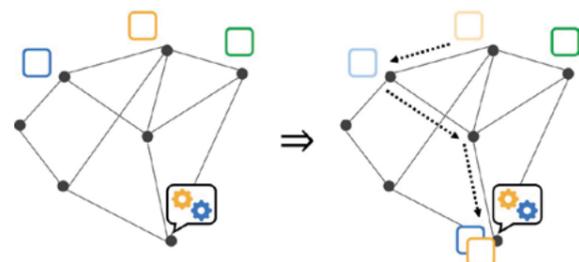
Supported by: German Research Foundation (DFG), Project: Distributed Computing meets Dynamical Systems  
Project partner: Prof. Dr. Michael Dellnitz (Paderborn University)

## Ressourcenmanagement & Scheduling

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches „On-the-Fly Computing“ befassen wir uns mit der Aufgabe, Ressourcen wie Speicher- und Rechenkapazität effektiv zuzuteilen. Wir betrachten Probleme in klassischen Bereichen wie Facility Location und Scheduling, welche auf die speziellen Anforderungen zusammengesetzter Software zugeschnitten sind.

### Heterogene Ressourcenallokation

Im Bereich der Ressourcenallokation stellen wir uns Modelle vor, in denen ein Algorithmus Ressourcen (z. B. virtuelle Softwaredienste) in einem Netzwerk verwaltet, die mit der Zeit an verschiedenen Orten des Netzwerks angefragt werden. Das Beantworten der Anfragen erzeugt Kosten, die von der Distanz einer Ressource zu der Anfrage im Netzwerk abhängen (z. B. durch die Latenz). Der Algorithmus sollte also Ressourcen nahe an den Anfragepunkten halten. Zum Verwalten der Ressourcen kann der Algorithmus verschiedene Aktionen ausführen, die die Positionen der Ressourcen verändern und ebenfalls mit Kosten verbunden sind (z. B. Verschieben oder Kopieren). Ziel ist es, minimale Kosten zu erzeugen, wobei die Position zukünftiger Anfragen unbekannt ist. Heterogenität erweitert dieses Konzept durch die Annahme, dass die Ressourcen unterschiedliche Güter anbieten (z. B. verschiedene laufende Dienste). Das gemeinsame Verwalten von unterschiedlichen Ressourcen erlaubt es dem Algorithmus, weniger Kosten zu erzeugen als bei einer getrennten Verwaltung.



Heterogene Ressourcen (Boxen) werden für Anfragen in einem Netzwerk bereitgestellt. Dabei kann z. B. gemeinsames Verschieben von Ressourcen vorteilhaft sein.

Heterogeneous resources (boxes) are provided for requests in a network. Here, moving resources together can be beneficial, for example.

Im vergangenen Jahr haben wir Heterogenität auf das berühmte k-Server-Problem angewandt. Hier nehmen wir an, dass alle k-Server unterschiedliche Güter anbieten und Anfragen entweder von einem beliebigen oder einem spezifizierten Server bedient werden können. Auch wenn Anfragen für spezielle Server einfach

 **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

 **Dr. rer. nat. Marten Maack**  
E-Mail: [martenm@hni.upb.de](mailto:martenm@hni.upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 64 57

 Gefördert durch: Sonderforschungsbereich 901 „On-the-Fly Computing“, Teilprojekte A1 und C4

zu beantworten sind, zeigte sich, dass die Kombination beider Anfragetypen das Problem schwerer macht. Wir konnten insbesondere zeigen, dass es nicht einen Algorithmus gibt, der in jeder Situation die beste Wahl ist, sondern dass es einen Trade-off abhängig von der gegebenen Anfragesequenz gibt.

### Interval and Resource Restricted Scheduling

Wir haben uns in diesem Jahr mit Scheduling-Problemen auseinandergesetzt, die Teilmengen des klassischen Restricted Assignment darstellen. Gegeben sind eine Reihe von gleich schnellen Maschinen und eine Menge von Jobs. Jeder Job hat eine individuelle Ausführungszeit und eine Einschränkung, auf welcher Teilmenge der Maschinen er ausgeführt werden kann. Ziel ist nun, die Jobs, den Einschränkungen entsprechend, auf die Maschinen zu verteilen, sodass die Gesamtausführungszeit minimiert wird. Wir unterscheiden hierbei unterschiedliche Teilprobleme anhand der Einschränkungen. Genannt seien an dieser Stelle Intervallbeschränkungen (jeder Job ist in einem gewissen Intervall von aufeinanderfolgenden Maschinen zulässig) und Ressourcenbeschränkungen (Maschinen haben eine gewisse Kapazität pro Ressource, Jobs benötigen ein individuelles Mindestmaß pro Ressource).

Es ist uns gelungen, für den Intervallfall die klassische 2-Approximation zu schlagen und für mehrere Fälle neue untere Schranken für die Approximationsgüte zu entwickeln.

## Resource management & scheduling

In the context of the Collaborative Research Center “On-the-Fly Computing”, we deal with the task of effectively allocating resources like storage and computing capacity. We consider problems in classical areas like facility location and scheduling, which are tailored to the special requirements of our composed software.

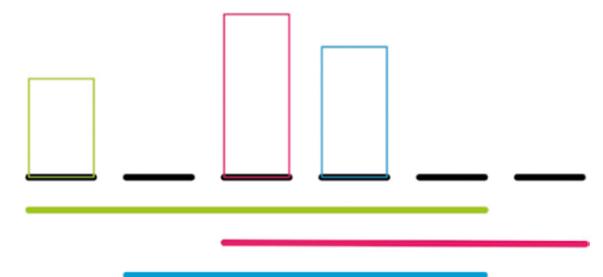
### Heterogeneous resource allocation

In the area of resource allocation, we have deepened our research on the impact of heterogeneity and applied it to other classical resource allocation problems. Here, we consider models in which an algorithm manages resources (e.g. virtual machines providing software services) in a network that are requested over time at different locations in the network. Answering the requests generates costs that depend on the distance of a resource to the request in the network (e.g. due to latency). Thus, the algorithm should keep resources as close as possible to the request points. To manage the resources, the algorithm can perform various actions that change the positions of the resources and also have a cost (e.g. moving or copying). The goal is to generate the minimum possible cost while the positions of future requests are unknown. Heterogeneity extends this concept by assuming that resources offer different goods (e.g. different ongoing services). Managing different resources together allows the algorithm to generate less cost than if they were managed separately.

Last year, we applied heterogeneity to the famous k-server problem. Here, we assume that all k servers offer different commodities and requests can be served by either any server or a specified one. Even though requests for special servers are easy to answer, we showed that combining both types of requests makes the problem harder. In particular, we were able to show that there is not one algorithm that is the best choice in every situation, but that there is a trade-off depending on the given query sequence.

### Interval and resource restricted scheduling

We have considered scheduling problems this year that are subsets of the classical Restricted Assignment. A problem instance includes a set of equally fast machines and a set of jobs. Each job has an individual processing time and a restriction on which machine subset it can be executed. The goal is now to distribute the jobs among the machines according to the constraints so that the total execution time is minimised. We distinguish between different subproblems based on the



Beispielinstantz mit sechs Maschinen, drei Jobs und einer möglichen Belegung. Jeder Job hat ein zulässiges Intervall, dargestellt in der Linie unter den Maschinen.

Example of an instance with six machines, three jobs and a possible schedule. Each job has some eligible interval, represented by the line of the same color.

constraints. We mention here interval constraints (each job is allowed in a certain interval of successive machines) and resource constraints (machines have a certain capacity per resource, jobs need an individual minimum per resource).

We managed to beat the classical 2-approximation for the interval case and to develop new lower bounds on the approximation quality for several cases.

 **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

 **Dr. rer. nat. Marten Maack**  
E-mail: [martenm@hni.upb.de](mailto:martenm@hni.upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 64 57

 Supported by: Collaborative Research Center 901 “On-the-Fly Computing”, Project Area A1 and C4

## Algorithmen für Computergrafik

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

In den Projekten „DigiChemLab“ und „VirtuChemLab“ wird eine virtuelle Lernplattform für die chemisch-technische Ausbildung mittels Virtual Reality-Technologie entwickelt. Die Lernplattform stellt ein ergänzendes Angebot für Studierende dar, um sich z. B. auf Praktika in chemischen Laboratorien vorzubereiten. Übergeordnetes Ziel ist die Integration digitaler Kollaborationsformate in Lehre und Studium.

### DigiChemLab

Es wurde im beispielhaften Anwendungsfall „virtuelles Labor“ ein konkreter Versuch implementiert, bei dem Wasser und Natriumhydroxid zu einer Lauge vermischt werden. Für diesen Versuch nehmen Studierende die notwendigen Geräte und Materialien aus den Schränken des virtuellen Labors, stellen sie auf die virtuelle Chemiebanc und bereiten deren Einsatz vor. Die verwendeten Chemikalien (Wasser und Natriumhydroxid) werden dann virtuell so bearbeitet, dass die einsetzende chemische Reaktion für die Studierenden sichtbar und messbar ist. Die Studierenden sehen das virtuelle Labor durch ein VR-Headset und können mit speziellen Handcontrollern alle Objekte in dem Labor greifen und bedienen, wodurch eine besonders hohe Immersion entsteht.

### VirtuChemLab

Basierend auf der Idee des DigiChemLabs, wird hierbei ein System entwickelt, welches es ermöglicht, das virtuelle Labor um weitere chemische Versuche zu erweitern. Die Versuchs-

durchführungen wurden dabei soweit analysiert und in Form eines modularen Systems in einer Bibliothek implementiert, dass auch Anwender\*innen ohne Programmier- oder Softwarekenntnisse neue Versuchsaufbauten hinzufügen können. Die zur Verfügung gestellte Infrastruktur erfordert dazu auch kein domänenspezifisches Wissen aus dem VR-Bereich. Ein weiterer Aspekt war die Implementierung eines Mechanismus, damit Studierende Hilfestellung oder Anweisungen zur korrekten Durchführung des Versuchs im virtuellen Labor erhalten. Das VR-System kann dementsprechend interaktiv auf die Handlungen der Studierenden reagieren und Feedback geben. Außerdem ermöglicht das VirtuChemLab auch die kooperative Durchführung von chemischen Experimenten durch mehrere Studierende und Dozent\*innen.



Seminarraum  
Seminar room

Bei der Entwicklung dieser VR-Systeme arbeiten wir eng mit Partner\*innen aus der Chemie zusammen, für die es ebenfalls ein wesentlicher Aspekt ist, dass sich die Studierenden und Dozent\*innen dabei auch an unterschiedlichen Orten in der realen Welt befinden können, während sie sich im virtuellen Labor treffen, gegenseitig sehen und miteinander kommunizieren können. Es geht damit auch um die Gestaltung neuer Mobilitätsmuster (virtuelle und gemischte Mobilität) sowie die Verbesserung digitaler und interkultureller Kompetenzen.

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

 **André Graute, M.Sc.**  
E-Mail: agraute@mail.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 64 51

 Gefördert durch: Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)  
Projektpartner: Prof. Dr. Wolfgang Bremser und Prof. Dr. Sabine Fechner (Universität Paderborn)

## 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.

In the projects “DigiChemLab” and “VirtuChemLab”, a virtual learning platform for chemical-technical education is being developed using virtual reality technology. The learning platform represents a supplementary offer for students, e.g. to prepare for internships in chemical laboratories. The overarching goal is the integration of digital collaboration formats in teaching and studying.

### DigiChemLab

A concrete experiment was implemented in the exemplary use case “virtual laboratory” in which water and sodium hydroxide are mixed to form a lye. For this experiment, students take the necessary equipment and materials from the cabinets of the virtual lab, place them on the virtual chemistry bench and prepare their use. The chemicals used (water and sodium hydroxide) are then processed virtually so that the chemical reaction that begins is visible and measurable. The students see the virtual lab through a VR headset and can use special hand controllers to grasp and operate all objects in the lab, creating a particularly high level of immersion.

### VirtuChemLab

Based on the idea of the DigiChemLab, a system is being developed that makes it possible to expand the virtual laboratory with additional chemical experiments. The experiments were analysed and implemented in the form of a modular system in a library so that users without programming or software know-

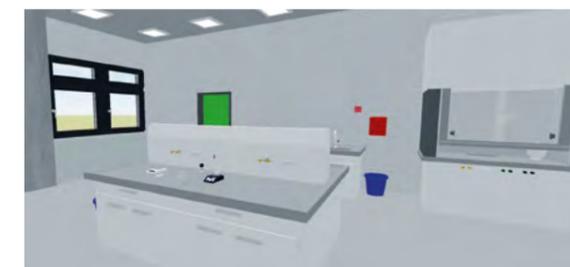


Magnetrührer, Waage  
Magnetic stirrer, scale

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

 **André Graute, M.Sc.**  
E-mail: agraute@mail.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 64 51

 Supported by: German Academic Exchange Service (DAAD)  
Project partners: Prof. Dr. Wolfgang Bremser and Prof. Dr. Sabine Fechner (Paderborn University)



Chemielabor  
Chemistry lab

ledge can also add new experimental setups. The infrastructure provided also does not require domain-specific knowledge from the VR area. Another aspect was the implementation of a mechanism for students to receive assistance or instructions on how to correctly perform the experiment in the virtual lab. Accordingly, the VR system can interactively respond to students' actions and provide feedback. In addition, the VirtuChemLab also enables the cooperative execution of chemical experiments by several students and lecturers.

In the development of these VR systems, we are working closely with partners from chemistry, for whom it is also an essential aspect that students and lecturers can also be in different locations in the real world while meeting, seeing and communicating with each other in the virtual lab. This also involves designing new mobility patterns (virtual and mixed mobility) and improving digital and intercultural skills.

## Algorithmische Spieltheorie

Ich versuche, die Welt mithilfe der Spieltheorie zu verstehen und mithilfe von Algorithmen auf sie einzuwirken. Mein Hauptforschungsgebiet ist der Entwurf geeigneter Lösungskonzepte, die Analyse ihrer Effizienz und die Modellierung realistischer Verhaltensaspekte wie Legalität und soziale Werte. Ich entwickle auch Algorithmen für die Untersuchung von Spielen und die Lösung anderer schwieriger Probleme.

### Der Preis der Fehlkoordination

Für jedes beliebige Spiel modellieren wir mögliche Fehlkoordinationen, bei denen verschiedene Spieler \*innen unterschiedliche Gleichgewichte spielen und somit typischerweise zusammen ein Nicht-Gleichgewichtsprofil spielen. Wir begrenzen das resultierende soziale Wohlergehen im Allgemeinen, in den wichtigsten Spielklassen, wie z. B. den Potenzialspielen, und betrachten auch klassische Spiele, wie z. B. die Modellierung von Routing und Koordination. Eine weitere damit verbundene Frage ist, ob ein bestimmtes Profil eine solche Kombination von Gleichgewichtsprofilen darstellt usw.

### Austauschbare Gleichgewichte

Die berühmten Zwei-Personen-Spiele mit konstanter Summe haben austauschbare Gleichgewichte, d. h. wenn jeder Spieler/ jede Spielerin ihre Strategie aus einem Gleichgewicht heraus spielt, ist das resultierende Profil immer auch ein Gleichgewicht. Diese Eigenschaft bedeutet, dass es keinen Koordinationsbedarf gibt, und ist daher von praktischer und theoretischer Bedeutung. Wir arbeiten daran, alle Spiele, die diese Eigenschaft besitzen, genau zu identifizieren.

### Wenn Aufwand scheitern kann: Geteilter Aufwand mit Schwellenwert

Spiele mit geteiltem Aufwand modellieren Menschen, die Ressourcen in öffentliche Projekte investieren, wobei der Anteil an den generierten Werten vorher festgelegt wird. Wir charakterisieren konstruktiv die Bedingungen für die Existenz eines reinen Gleichgewichts für zwei Spieler \*innen und finden die Preise der Anarchie und Stabilität. Für mehr Spieler \*innen liefern wir ebenfalls Existenz- und Effizienzergebnisse und verwenden verallgemeinerte fiktive Spielsimulationen für weitere Untersuchungen. Wir beweisen auch, dass gemischte Gleichgewichte immer existieren und begrenzen ihre Effizienz.

### Lösungskonzepte für Spiele mit geteiltem Aufwand

Betrachten wir Spiele mit geteiltem Aufwand, bei denen die Spieler \*innen ihre Ressourcen in verschiedene Projekte investieren und die daraus resultierenden Einnahmen teilen. Neben der Betrachtung der klassischen Lösungen, wie z. B. Nash-Gleichgewichte, schlagen wir auch maßgeschneiderte Lösungen für dieses Spiel vor und vergleichen die Flexibilität dieser Lösungskonzepte in Bezug auf die Änderungen der Nutzenfunktionen der Spieler \*innen.

### Faire, individuell rationale und billige Anpassung

Betrachten wir, wie ein gewünschtes Aktionsprofil gespielt wird, wenn die Planerin oder der Planer nur die Auszahlungen ändern kann, während die Änderungen durch strenge Beschränkungen begrenzt sind. Mithilfe von Subventionen und Mautgebühren passen wir das Spiel so an, dass die Wahl dieses vordefinierten Aktionsprofils strikt dominant wird. Wir sorgen für eine faire und individuell rationale Spielanpassung, sodass sich die gesamten externen Investitionen bei jedem Profil auf null summieren, was eine einfache und häufige Nutzung unserer Anpassung ohne Kosten ermöglicht, selbst wenn sich einige Spieler \*innen unerwartet verhalten. Das resultierende Aktionsprofil selbst muss nicht angepasst werden. Die Ergebnisse können auch auf unendliche Spiele ausgedehnt werden.

### Übergang zu einer sozial besseren Lösung

Betrachten wir ein Spiel mit mehreren Gleichgewichten. Unser Ziel ist es, die Spieler \*innen zu motivieren, sich von den sozial suboptimalen Gleichgewichten zu den optimalen Gleichgewichten zu bewegen, indem wir einige Spieler \*innen, die wir als Kontrollmenge bezeichnen, so spielen lassen, dass das Spielen der sozial optimalen Gleichgewichte im besten Interesse der anderen liegt. Wir beweisen, dass es schwierig ist, eine solche Kontrollmenge im Allgemeinen zu finden, und stellen Algorithmen zur Verfügung, um eine Kontrollmenge in einigen wichtigen Klassen von Spielen zu approximieren. Schließlich analysieren wir die Struktur von Kontrollmengen in Koordinationsspielen auf Graphen.

## Algorithmic game theory

I try to understand the world through game theory and to act on it using algorithms. My main research area is designing the appropriate solution concepts, analysing their efficiency and modelling realistic aspects of behaviour, such as legality and social values. I also devise algorithms for studying games and solving other hard problems.

### The price of miscoordination

Given any game, we model the possible miscoordinations, where various players play different equilibria, thus typically playing together a non-equilibrium profile. We bound the resulting social welfare in general, in major classes of games, such as the potential games, and consider classic games, such as modelling routing and coordination. Another related question is whether a given profile constitutes such a combination of equilibrium profiles, etc.

### Exchangeable equilibria

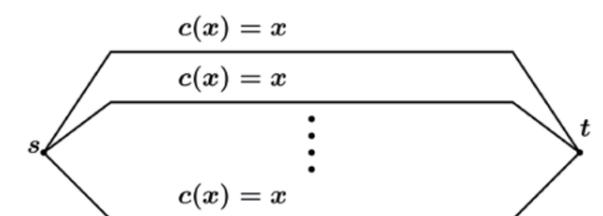
The celebrated two-player constant-sum games have exchangeable equilibria, namely, when each player plays her strategy from some equilibrium, the resultant profile will always be an equilibrium as well. Such a property means there is no need to be coordinated, and it is thus of practical and theoretical importance. We are working on identifying exactly all the games possessing this property.

### When effort may fail: Shared effort with a threshold

Shared effort games model people investing resources in public projects, where the share of the generated values is predefined. We constructively characterise the conditions for the existence of a pure equilibrium for two players, and find the prices of anarchy and stability. For more players, we also provide existence and efficiency results, and use generalised fictitious play simulations for further research. We also prove that mixed equilibria always exist and bound their efficiency.

### Solution concepts for shared effort games

Consider shared effort games, where players invest their resources in various projects and share the resulting revenues. In addition to considering the classical solutions, such as Nash equilibria, as we did above, we also suggest tailor-



The price of anarchy of 1 increases n-fold because of possible miscoordinations.  
Der Preis der Anarchie von 1 steigt wegen möglicher Fehlkoordinationen um das n-Fache.

made solutions for this game and compare the flexibility of these solution concepts with respect to the changes in the players' utility functions.

### Fair, individually rational and cheap adjustment

Consider making a desired action profile played, when the planner can only change the payoffs, bound by stringent constraints. Employing subsidies and tolls, we adjust the game so that choosing this predefined action profile becomes strictly dominant. We provide a fair and individually rational game adjustment, such that the total outside investments sum up to zero at any profile, thereby facilitating the easy and frequent use of our adjustment without bearing costs, even if some players behave unexpectedly. The resultant action profile itself needs no adjustment. The results can also be extended to infinite games.

### Moving to a socially better solution

Consider a game with several equilibria. We aim to motivate the players to move from the socially suboptimal equilibria to the optimum ones by making some players, whom we call the control set, play such that playing the socially optimum equilibria becomes in the best interest of the others. We prove the hardness of finding such a control set in general, and provide algorithms to approximate a control set in some important classes of games. Finally, we analyse the structure of control sets in coordination games on graphs.



»» Grenzen sind da, um überwunden zu werden. ««

»» Boundaries are there to be overcome. ««

---

## André Graute

M.Sc.  
Algorithmen und Komplexität

---

Hallo, ich bin André (33), originär aus dem idyllischen Rietberg und seit Mai 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Algorithmen und Komplexität“.

Manchmal ängstlich, manchmal mutig. Die eigenen Grenzen immer wieder zu überwinden, motiviert mich. Eine meiner Grenzen ist meine ausgeprägte Höhenangst. Aber sie hält mich nicht davon ab, in Spanien durch schwindelerregende, aber atemberaubend schöne Schluchten zu wandern, den Nervenkitzel und die sportliche Herausforderung zu wagen, (am Seil gesichert) einen 50 Meter hohen Turm hochzuklettern, oder in 9.000 Fuß aus einem Flugzeug zu springen und eine faszinierende Aussicht wie bei Google Earth zu erleben. In diesen Momenten wachse ich über meine Angst hinaus und kreierte schöne Erinnerungen. Irgendwann traue ich mich bestimmt auch noch den Bungeesprung vom Verzasca Staudamm à la James Bond. Insgesamt bin ich sehr experimentierfreudig und so findet man mich seit Kurzem bei schönem Wetter auch immer wieder beim Wakeboarden auf dem Lippesee. Daneben koche ich leidenschaftlich gern und probiere mich oft an neuen und ausgefallenen Kreationen, ganz besonders an Feiertagen. Meine Liebe gilt aber auch einem guten schokoladigen Espresso – Freund\*innen bezeichnen mich daher sogar als Kaffeegourmet.

Mit meiner Arbeit am DigiChemLab oder dem Nachfolger VirtuChemLab versuche ich, ganz andere Grenzen zu überwinden. Berührungsängste vor anderen Disziplinen wie der Chemie kenne ich nicht. Realität und virtuelle Welten verschwimmen zu lassen und ein täuschend echt aussehendes und funktionierendes Chemielabor zu erschaffen, in dem Studierende verteilt auf der gesamten Welt gemeinsam experimentieren können, ist ein sehr spannendes und gleichzeitig herausforderndes interdisziplinäres Ziel.

Auch in meinem Forschungsgebiet versuche ich, Grenzen zu überwinden. Mich faszinieren die vielseitigen Möglichkeiten, welche neuronale Netze und künstliche Intelligenz bieten – insbesondere das Themengebiet neuronales Rendering. Leider haben solche Systeme bislang noch extreme Einschränkungen und sind beispielsweise nicht echtzeitfähig. Diese Grenze versuche ich durch geschicktes Verbinden von künstlicher Intelligenz mit klassischen Algorithmen der Computergrafik zu überwinden. Insgesamt sehe ich Probleme als Herausforderungen, die es mit viel Kreativität zu lösen gilt.

---

## André Graute

M.Sc.  
Algorithms and Complexity

---

Hello, I'm André (33), originally from idyllic Rietberg and a research assistant in the "Algorithms and Complexity" workgroup since May 2022.

Sometimes fearful, sometimes courageous. Overcoming my own limitations again and again motivates me. One of my limits is my pronounced fear of heights. But it doesn't stop me from hiking through dizzying but breathtakingly beautiful canyons in Spain, daring the thrill and athletic challenge of climbing (secured by a rope) up a 50-metre tower or jumping out of an airplane at 9,000 feet and experiencing a mesmerizing Google Earth-like view. In those moments, I overcome my fear and create beautiful memories. Someday I'm sure I'll dare to bungee jump off the Verzasca Dam à la James Bond. All in all, I'm very experimental and so you can find me wakeboarding on the Lippesee when the weather is nice. I also love to cook and often try out new and unusual creations, especially on holidays. However, I also love a good chocolatey espresso - friends, therefore, even call me a coffee gourmet.

With my work at DigiChemLab or its successor VirtuChemLab, I try to overcome completely different boundaries. I have no fear of contact with other disciplines such as chemistry. Blurring reality and virtual worlds and creating a deceptively real-looking and functioning chemistry lab in which students all over the world can experiment together is a very exciting and at the same time challenging interdisciplinary goal.

I am also trying to push boundaries in my field of research. I am fascinated by the versatile possibilities offered by neural networks and artificial intelligence. Especially the topic of neural rendering. Unfortunately, such systems still have extreme limitations and are, for example, not real-time capable. I try to overcome this limitation by cleverly combining artificial intelligence with classical computer graphics algorithms. Overall, I see problems as challenges that need to be solved with a lot of creativity.

## 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)

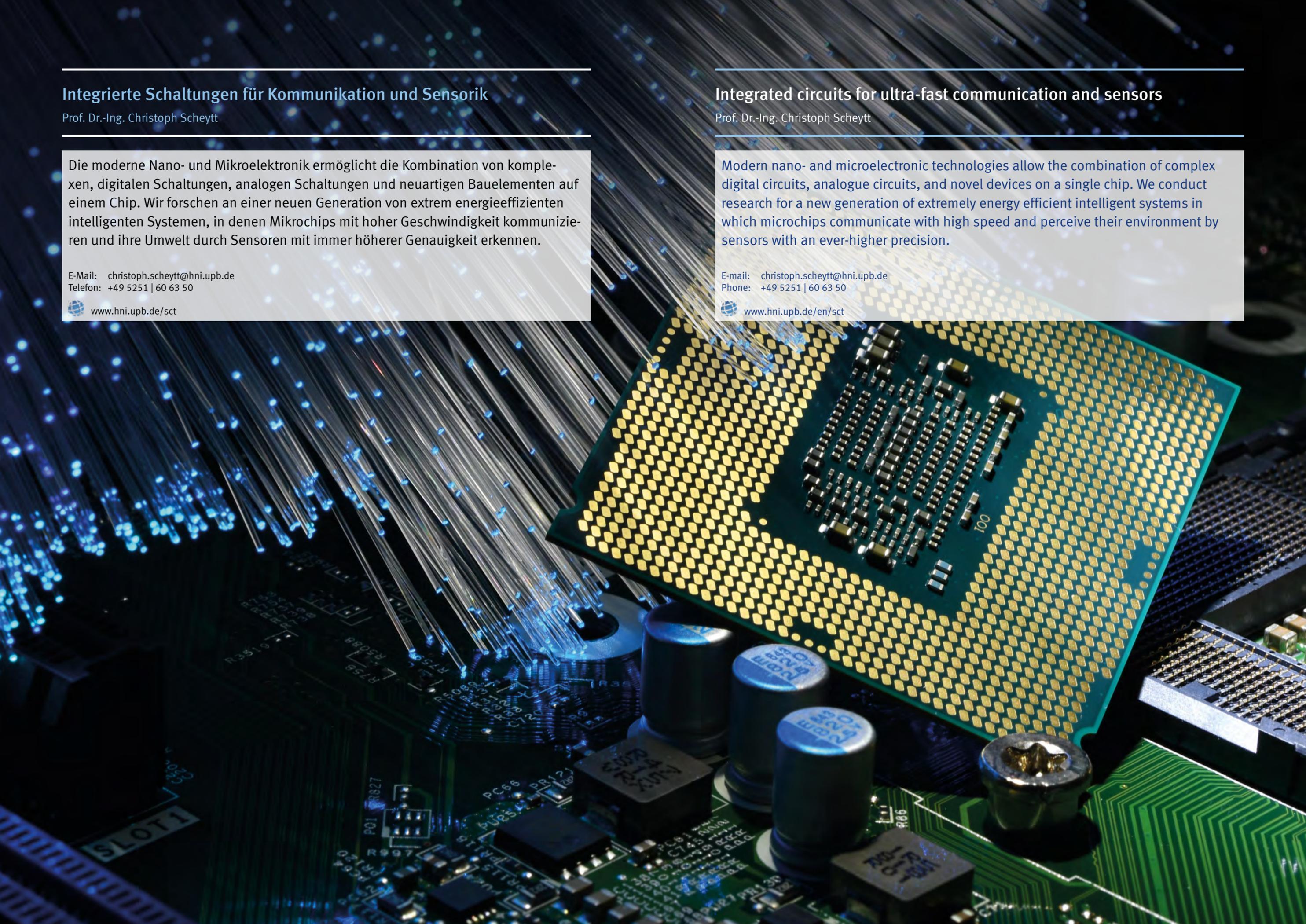
## Integrated circuits for ultra-fast communication and sensors

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Modern nano- and microelectronic technologies allow the combination of complex digital circuits, analogue circuits, and novel devices on a single chip. We conduct research for a new generation of extremely energy efficient intelligent systems in which microchips communicate with high speed and perceive their environment by sensors with an ever-higher precision.

E-mail: [christoph.scheytt@hni.upb.de](mailto:christoph.scheytt@hni.upb.de)  
Phone: +49 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, photonisch) 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. mikro-mechanische 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 und verarbeiten.

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 Kommunikation mit hohen Datenraten und integrierte Photonik

Hohe Datenraten zwischen Chips (Chip-to-Chip-Kommunikation) und in der Glasfaserkommunikation erlauben Übertragungsraten von 10 bis mittlerweile über 800 Gigabit pro Sekunde, was sehr schnelle Schaltungen bei einem sehr niedrigen Energieverbrauch erfordert. Hierfür sind spezielle Schaltungstechniken und digitale Modulationsformate erforderlich. Seit wenigen Jahren können elektronisch-photonische ICs (EPICs) in Silizium realisiert werden. Derartige Chips ermöglichen weit höhere Datenraten als die klassischen CMOS-Technologien, da sie sehr schnelle optische Verbindungen zwischen

räumlich getrennten Einheiten ermöglichen, wie z. B. zwischen Prozessoren und externem Speicher in einem Rechenzentrum. Eine weitere wichtige Anwendung sind integrierte photonische Systeme für skalierbare Quantensignalverarbeitung (Quantencomputer, Quantensensoren).

### Integrierte Schaltungen für Funkkommunikation und -sensorik

Die sehr kleinen Abmessungen moderner Siliziumtransistoren und spezielle Hochfrequenztransistoren erlauben es, dass Siliziumchips auch bei Frequenzen bis über 300 GHz zuverlässig arbeiten. Diese extremen Frequenzen stellen allerdings hohe Anforderungen an den Schaltungsentwurf und die Bauelementmodellierung. Die Einsatzgebiete dieser Chips sind beispielsweise die drahtlose Kommunikation mit sehr hohen Datenraten, Radarsensorik für autonomes Fahren und spektrometrie-basierte Sensorik.

### 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 standardzellenbasierten Entwurf in verschiedenen CMOS-Varianten (130 nm, 65 nm, 22 nm). Aktuelle Entwicklungen basieren auf dem Entwurf und dem Test von PULPissimo-Architekturen der ETH Zürich und der Rocket-CPU der UC Berkeley auf dem Gebiet sicherheitskritischer und hochzuverlässiger 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 photonic circuits).

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 and biologically active layers (biochips). The possibility of combining complex digital processors with analogue circuitry and novel functions on one chip allows the realisation of a new generation of integrated systems. They allow the perception of the environment via sensors, dissipation of very little power and much faster data transmission and processing.

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 and integrated photonics

In fiberoptic communications and communications between microchips (Chip-2-Chip communication), it is possible to achieve line rates between ten and more than 800 Gigabit per second. Those high data rates require very fast electronics with ultra low energy consumption, which in turn requires novel approaches in circuit design with appropriate modulation formats. Electronic-photonic ICs (EPICs) based on advanced silicon photonics technologies enable significantly higher data rates compared to classical CMOS technologies for ultra fast optical connections between distributed processors and remote memory units in a data centre, for instance. Another emerging application is integrated photonic circuits for scala-

ble photonic quantum signal processing (quantum computing, quantum sensing).

### Integrated circuits for wireless communication and sensors

The small dimensions of today’s silicon transistors and the availability of special high-frequency transistors account to operating frequencies of up to more than 300 GHz. These extreme frequencies pose a considerable challenge for high-frequency circuit design and device modelling. Applications for the chips are, for example, wireless communication at very high data rates, radar sensors for autonomous driving as well as spectroscopic sensors.

### Digital systems designs

For digital circuit design, the “System and Circuit Technology” workgroup focuses on the 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 (130 nm, 65 nm, 22 nm). Current designs are based on the PULPissimo platform from the ETH Zurich and on the Rocket CPU from UC Berkeley for safety critical and highly reliable special purpose processors.

## Optische Modulatoren für Quantenanwendungen

### LNOI-Modulator mit elektronischem Verstärker als miniaturisierte Quantenquelle

Im Transregio 142 „Tailored Nonlinear Photonics“ entwickelt die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ einen elektro-optischen Breitband-Modulator in der neuartigen LNOI-Technologie (engl. lithium niobate on insulator). Dieser Modulator wiederum soll als integrierter optischer Pulsgenerator für eine Quantenquelle genutzt werden. Die optischen Pulse erzeugen dekorrelierte Photonenpaare, die beispielsweise in Quantencomputern genutzt werden können.

#### Transregio 142 „Tailored Nonlinear Photonics“ Projekt C11

Der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Transregio 142 (TRR142) hat als Ziel die Erforschung und Entwicklung zukünftiger nicht-linearer Photonik, um grundlegende Fragen zu maßgeschneiderten Nichtlinearitäten in Festkörpersystemen und originären Quanteneffekten zu erkunden. Im TRR forschen insgesamt 56 Personen, darunter 27 Doktorand\*innen, der Universitäten Paderborn und Dortmund mit Professorin Christine Silberhorn als Sprecherin des Sonderforschungsbereichs. Nach zwei erfolgreichen Phasen in den Jahren 2014 bis 2021 ist nun im Jahr 2022 die dritte Phase des TRR gestartet. Im Projekt C11, in welchem die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ beteiligt ist, sollen nun Erkenntnisse der ersten beiden Phasen in einem Demonstrator verarbeitet werden. Mithilfe eines optischen Hochgeschwindigkeits-Modulators sollen sehr breitbandige, optische Pulse erzeugt werden, die wiederum den Effekt der parametrischen Abwärtsmischung anstoßen und damit Photonenpaare für Quantum Computing generieren. Das Besondere: Die neuartige Quantenquelle soll voll integriert und damit kleiner als eine 1-Cent-Münze werden. Die Miniaturisierung technischer Systeme hat immer wieder neue Anwendungen ermöglicht und damit häufig große Effekte auf unsere Wirtschaft und Gesellschaft gehabt.

#### Hybrider Highspeed-Mach-Zehnder-Modulator

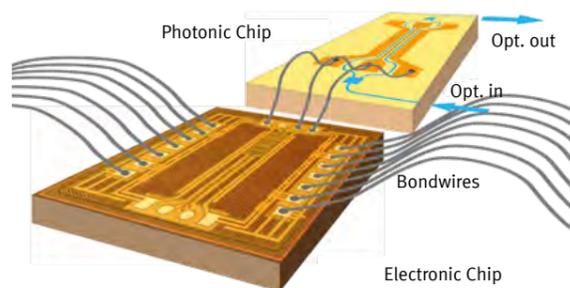
Eine Kernkomponente für die Erzeugung des optischen Pulses ist ein elektro-optischer Mach-Zehnder-Modulator. Aufgrund der Anforderung sehr schmaler Pulsbreite für die parametrische Abwärtsmischung muss der gebaute Modulator eine größtmögliche Bandbreite aufweisen. Der Lösungsansatz ist eine Hybrid-Lösung, also ein Aufbau mit einem elektronischen, integrierten Treiber-Chip und einem photonischen LNOI-Chip, der den Mach-Zehnder-Modulator enthält. Bonddrähte verbinden beide Chips elektrisch (siehe Abb. 2). Der Treiber-Chip, entworfen von der Fachgruppe „Schaltungstechnik“, wird in der fortschrittlichen BiCMOS-Technologie des IHP Leibniz-Instituts für innovative Mikroelektronik gefertigt: eine Technologie, in der sowohl die weltweit schnellsten Bipolar-Transistoren als



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



Hybrider elektro-optischer Modulator: Ein elektrischer Treiber generiert die hochfrequente Signalspannung. Diese wird über Bonddrähte auf die Signalleitungen des photonischen LNOI-Chips gegeben, womit das optische Signal moduliert wird.

Hybrid electro-optical modulator: An electrical driver generates the high-frequency signal voltage. This is applied to the signal lines of the photonic LNOI chip via bonding wires, thus modulating the optical signal.

auch MOS-Transistoren, die in der Regel in digitalen Schaltungen genutzt werden, enthalten sind. Die Anordnung soll eine elektro-optische Systembandbreite nahe 100 GHz aufweisen und optische Pulse oberhalb 300 GHz erzeugen können.

#### Miniaturisierte Quantenquelle

Eine Nicht-Linearität zweiter Ordnung des Lithium-Niobat-Kristalls erlaubt eine parametrische Abwärtsmischung. Ein Pump-Photon hoher Energie wird so in zwei dekorrelierte Photonenpaare zerlegt. Dieser Effekt basiert auf Energieerhaltung und Phasen-Matching, das in der LNOI-Plattform präzise gesteuert werden kann. Somit ist es auch möglich, die beiden wesentlichen optischen Komponenten, den Mach-Zehnder-Modulator und die parametrische Abwärtsmischung, auf demselben photonischen Chip zu integrieren. Der zweifache Vorteil ist die verbesserte Skalierbarkeit und geringere optische Verluste, was eine wesentliche Anforderung von Quantensystemen ist.

## Optical modulators for quantum applications

### LNOI modulator with an electronic amplifier as a miniaturised quantum source

In the Transregio 142 “Tailored Non-linear Photonics”, the “System and Circuit Technology” workgroup is developing an electro-optical broadband modulator in the novel lithium-niobate-on-insulator (LNOI) technology. This modulator is to be used as an integrated optical pulse generator for a quantum source. The optical pulses generate decorrelated photon pairs that can be used in quantum computers, for example.

#### Transregio 142 “Tailored non-linear photonics” project C11

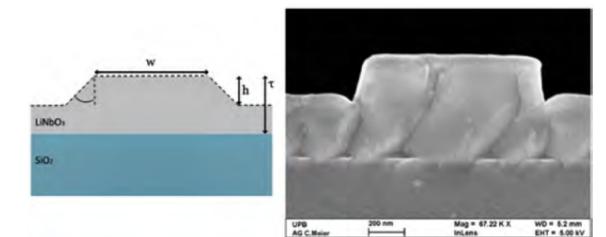
The Transregio 142 (TRR142), funded by the German Research Foundation (DFG), has as its goal the research and development of future non-linear photonics to explore fundamental questions about tailored non-linearities in solid-state systems and original quantum effects. A total of 56 people, including 27 PhD students, from Paderborn University and TU Dortmund are conducting research in the TRR with Professor Christine Silberhorn as the spokesperson of the Collaborative Research Center. After two successful phases from 2014 to 2021, the third phase of the TRR has now started in 2022. In project C11, in which the “System and Circuit Technology” workgroup is involved, findings from the first two phases are now to be used in a demonstrator. With the help of a high-speed optical modulator, very broadband optical pulses are to be generated, which in turn trigger the effect of parametric downmixing and thus generate photon pairs for quantum computing. The special feature: The novel quantum source is to be fully integrated and thus smaller than a 1 euro cent coin. The miniaturisation of technical systems has always enabled new applications and thus it has often had great effects on our society.

#### Hybrid high-speed Mach-Zehnder modulator

A core component for the generation of the optical pulse is an electro-optical Mach-Zehnder modulator. Due to the requirement of a very narrow pulse width for parametric down-conversion, the modulator must have the widest possible bandwidth. Our approach is a hybrid solution, i.e. a setup with an electronic integrated driver chip and a photonic LNOI chip containing the Mach-Zehnder modulator. Bond wires electrically connect both chips. The driver chip, designed by the workgroup, is fabricated using the advanced BiCMOS technology of the IHP Leibniz Institute for Innovative Microelectronics: a technology that incorporates both the world’s fastest bipolar transistors and MOS transistors, which are typically used in digital circuits. The array has an electro-optical system bandwidth near 100 GHz and is capable of generating optical pulses above 300 GHz.

#### Miniaturised quantum source

A second-order nonlinearity of the lithium niobate crystal allows parametric downmixing. A pump photon of high energy is thus decomposed into two decorrelated photon pairs. This effect is based on energy conservation and phase matching, which can be precisely controlled in the LNOI platform. Thus, it is also possible to integrate the two essential optical components, the Mach-Zehnder modulator and the parametric downconversion, on the same photonic chip. The dual advantage is improved scalability and lower optical losses, which is a key requirement of quantum systems.



PIC-Chip in LNOI-Technologie: Teststrukturen für die Demonstration der parametrischen Abwärtsmischung zur Erzeugung dekorrelierter Photonenpaare

PIC chip in LNOI technology: test structures for demonstrating parametric downmixing to generate decorrelated photon pairs



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



Supported by: German Research Foundation

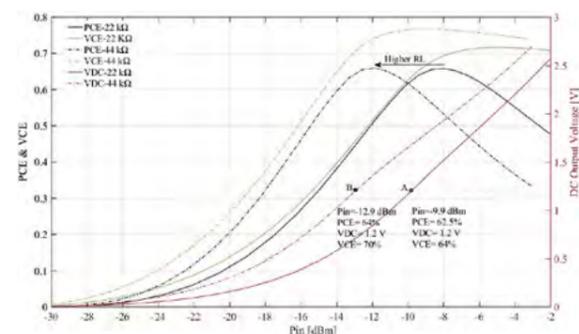
## Photonischer schlägt elektronischen Signalgenerator

Ultrabreitband-Signalgenerator basierend auf einem rauscharmen modengekoppelten Laser

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ hat einen extrem präzisen Frequenzsynthesizer entwickelt, der den Weltrekord im Hinblick auf Jitter unter Breitband-Frequenzsynthesizern hält. Die Entwicklung des Signalgenerators wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Projekte Optoelektronischer Frequenzsynthesizer mit Femtosekunden-Diodenlaser (oFFeDi) und Metrology for Terahertz Communication (Meteracom, FOR 2863) gefördert.

### Das Meteracom-Projekt

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 der DFG-Forschungsgruppe METERACOM (Metrologie für die THz-Kommunikation – FOR 2863) geht 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



Vergleich des Phasenrauschens von Mikrowellen-Frequenzsynthesizern bei 10 GHz: (violett) Keysight E8257D, (blau) Anritsu MG3690C, (rot) schmalbandige OEPLL und (schwarz) unsere breitbandige OEPLL  
Phase noise comparison of microwave frequency synthesizers at 10 GHz: (violet) Keysight E8257D, (blue) Anritsu MG3690C, (red) narrow band OEPLL and (black) our wideband OEPLL

des Meteracom-Projekts forscht die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ auf dem Gebiet der optoelektronischen Frequenzsynthesizer mit extrem niedrigem Phasenrauschen. Mithilfe dieser Synthesizer ist es möglich, die maximale Datenrate, welche durch das Phasenrauschen der Oszillatoren in Sender und Empfänger begrenzt ist, signifikant zu erhöhen.

### Photonischer Signalgenerator

Im Rahmen des Meteracom-Projekts entwickelte die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ einen extrem präzisen Frequenzsynthesizer. Der Frequenzsynthesizer verwendet einen modengekoppelten Laser als Taktreferenz, der optische Pulse mit einer Wiederholrate von 250 MHz erzeugt. Die Frequenz des Ausgangssignals kann ein beliebiges ganzzahliges Vielfaches der Wiederholrate im Frequenzbereich von 2-20 GHz sein. Der Frequenzsynthesizer weist einen rms-Jitter von 4 fs rms auf, integriert von 1 kHz bis 100 MHz. Gesteuert wird er mit einem Open-Source-Befehlssatz-Mikrocontroller basierend auf RISC-V. Der Mikrocontroller verwendet MicroPython-Firmware und empfängt die Befehle über die SPI-Schnittstelle. Das Ergebnis dieser Arbeit wurde in einem Konferenzbeitrag auf dem International Microwave Symposium (IMS), das vom 4. bis 6. August 2020 stattfand, sowie in Zeitschriftenbeiträgen in Optics Express und IEEE Transactions in Microwave Theory and Techniques (TMTT) veröffentlicht. Darüber hinaus hat diese Arbeit zu einem Patent und zur Ausgründung eines Unternehmens geführt, um die nächste Generation von Signalquellen mit sehr geringem Rauschen zu vermarkten.

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

Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

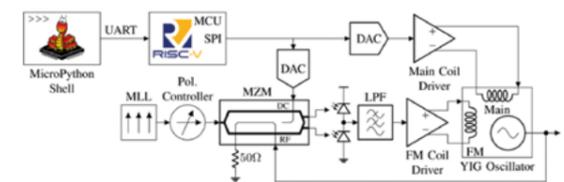
## Photonic signal generator beats electronic signal generator

Ultra-wideband signal generator based on a low-noise mode-locked laser

The “System and Circuit Technology” workgroup has developed an ultra-low jitter frequency synthesizer with the world record jitter among wide-band frequency synthesizers. The development of this signal generator was funded by the German Research Foundation (DFG) under the projects Optoelektronischer Frequenzsynthesizer mit Femtosekunden-Diodenlaser (oFFeDi) and Metrology for Terahertz Communication (Meteracom, FOR 2863).

### The meteracom project

The capability to perform measurements and evaluate these measurements in a proper way is 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 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 was 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 conducts research in the design of ultra-low-jitter optoelectronic frequency synthesizers. Such synthesizers can significantly increase the maximum data rate, which is limited by the phase noise of the oscillators in the transmitter and receiver.



Blockschaltbild des entwickelten Frequenzsynthesizers. MCU, Mikrocontrollereinheit; DAC, Digital-Analog-Wandler; MLL, modengekoppelter Laser; MZM, Mach-Zehnder-Modulator; PC, Polarisationsregler; LPF, Tiefpassfilter; YIG, Yttrium-Eisen-Granat

Block diagram of the developed frequency synthesizer. MCU, microcontroller unit; DAC, digital to analogue converter; MLL, mode-locked laser; MZM, Mach-Zehnder modulator; PC, polarisation controller; LPF, low pass filter; YIG, Yttrium Iron Garnet

### Photonic signal generator

In the course of the Meteracom project, the workgroup has developed an ultra-low jitter frequency synthesizer, which uses a mode-locked laser as its clock reference generating optical pulses with a repetition rate of 250 MHz. The frequency of the output signal can be any integer multiple of the reference clock repetition rate in the frequency range of 2-20 GHz. The

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

Supported by: German Research Foundation

frequency synthesizer has a typical rms-jitter of 4 fs integrated from 1 kHz to 100 MHz. It is controlled with an open source instruction set microcontroller, RISC-V. The microcontroller is based on MicroPython firmware and receives the commands via SPI interface. The result of this work has been published in detail in a conference paper and three journal papers for the International Microwave Symposium (IMS) which was held as a virtual event on 4-6 August 2020, Optics Express and Transactions in Microwave Theory and Techniques (TMTT). In addition, this work has led to a patent and a new company is being founded to commercialise it as the next generation ultra low noise signal source.

## Ultraschnelle Fehleranalyse und -simulation für RISC-V

Forschung im Rahmen des Scale4Edge-Projekts

Im Jahr 2022 konzentrierten sich die Aktivitäten der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ im Scale4Edge-Projekt auf die schnelle Fehleranalyse und Simulation von 32-Bit RISC-V-Prozessoren auf der Basis von virtuellen Prototypen. Mit der Verfügbarkeit des Chip-Layouts kann die Fehlersimulation auf eine n-Bit-Fehleranalyse, die auf benachbarte Registerzellen im CMOS-Standardzellen-Layout beschränkt ist, erweitert werden.

### Das Scale4Edge-Projekt

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts Scale4Edge (Scalable Infrastructure for Edge Computing) erforscht die Fachgruppe seit 2020 mit 18 weiteren renommierten deutschen Universitäten, Instituten und Industriepartnern unter der Koordination der Infineon Technologies AG den Entwurf zukünftiger Spezialprozessoren. Scale4Edge entwickelt ein Ökosystem für RISC-V-Prozessor-basierte skalierbare und flexibel erweiterbare Edge-Computing-Plattformen. Das Ökosystem umfasst alle wesentlichen Hardware- und Softwareaspekte wie Low-Power, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verifikation, Test, Compiler, Softwarebibliotheken und Debugging für Spezifikation, Verifikationsplan und Dokumentation. Dazu gehören auch standardkonforme Hardware-Designprozesse, teilweise quelloffene Software Development Kits (SDKs) und die Sicherheit der Plattform.

### RISC-V-Prozessoren

Die Arbeit der Fachgruppe im Scale4Edge-Projekt konzentrierte sich auf den Entwurf und Test zuverlässiger RISC-V-Prozessoren und auf die Entwurfsautomatisierung für 22 nm- und 130 nm-CMOS-Chips in Zusammenarbeit mit der Robert Bosch GmbH, der Arquimea Deutschland GmbH und der IHP GmbH (beide Frankfurt/Oder). Die Fachgruppe forschte an zuverlässigen RISC-V-basierten Prozessoren in IHP130 nm CMOS-Standardzellentechnologie mit dem frei verfügbaren RISC-V PULPissimo mit dem RISCY-Kern und der Freedom E300-Plattform mit Rocket-CPU-Kern.

### Ultraschnelle Fehlersimulation

Das ultraschnelle Fehleranalyse- und Simulations-Framework wurde als QEMU-Erweiterung für eine Reihe von target-kompilierten Binärprogrammen entwickelt, die auf einem RISC-V-spezifischen Fehlermodell basieren, das Anweisungen, Standardregister und Speicherbereiche für transiente Bitflip- und permanente Stuck-At-Fehler abdeckt. Nach der Simulation der fehlerinjizierten Varianten (Mutationen) auf der Basis des virtuellen Prototyps werden eine Optimierung und Strategien zur signifikanten Reduzierung der Software-Testprogramme bei gleichzeitiger Beibehaltung der Fehlerabdeckung angewendet.



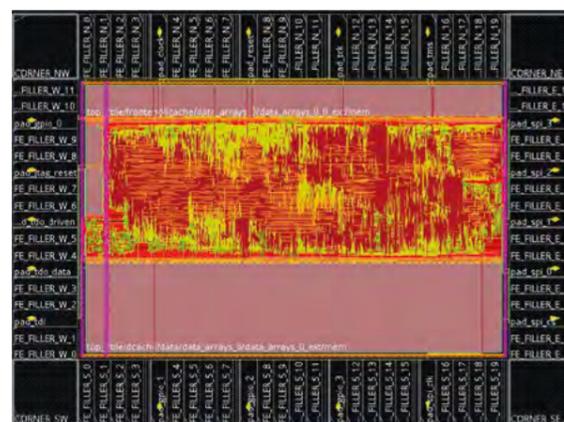
apl. Prof. Dr. Wolfgang Müller  
E-Mail: wmueller@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 63 52



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projekträger: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Sobald Chip-Layout-Informationen verfügbar sind, können Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den entsprechenden Flipflop-Registerzellen verwendet werden, um die zugrunde liegende 1-Bit-Fehlerannahme auf n-Bits für eine auf Nachbarzellen beschränkte Fehleranalyse zu erweitern. Dies umfasst zum Beispiel auch die Betrachtung von sog. Multiple Cell Upsets, die durch hochenergetische Weltraumstrahlung hervorgerufen werden. Experimentelle Ergebnisse zeigen, dass das System auch für komplexere Anwendungen geeignet ist, indem es mehrere Milliarden Fehlersimulationen in weniger als 24 Stunden mit durchschnittlichen Geschwindigkeiten zwischen 50 und 3.000 MIPS (Millionen Instruktionen pro Sekunde) auf Basis einer parallelisierten Implementierung durchführt.



Chip-Layout des Freedom-E300 in IHP130 nm-Technologie mit SRAM-Makros oben, unten und links  
Freedom E300 standard cell chip layout based on IHP 130 nm technology with SRAM macros on the top, bottom and left

## Ultra-fast fault analysis and simulation for RISC-V

Research in the Scale4Edge project



In 2022, “System and Circuit Technology” workgroup activities in the Scale4Edge project focused on fault analysis and the simulation of 32-bit RISC-V processors based on virtual prototypes. With the availability of the chip layout, fault simulation can be extended to n-bit fault analysis limited to adjacent register cells in the standard CMOS cell layout.

### The Scale4Edge project

The workgroup has been researching the design of future special processors since 2020 with 18 other renowned German universities, institutes and industrial partners under the coordination of Infineon Technologies AG in the context of the BMBF funded Scale4Edge (Scalable Infrastructure for Edge Computing) project. Scale4Edge develops an ecosystem for RISC-V processor-based scalable and flexibly expandable edge computing platforms. The ecosystem covers all the essential hardware and software aspects such as low-power, security, reliability, verification, test, compiler, software libraries and debugging for specification, verification plan and documentation. This also includes standards-compliant hardware design processes, partly open-source software development kits (SDKs) and the safety (security) of the platform.

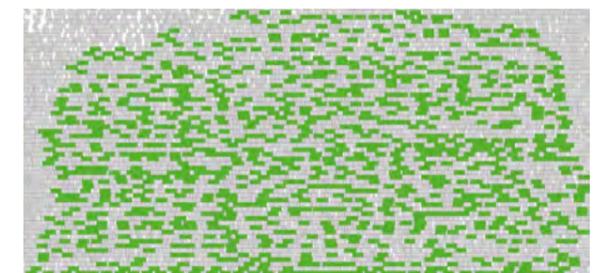
### RISC-V processors

The work of the workgroup in the Scale4Edge project focused on the design and test of reliable RISC-V processors and on design automation on 22 nm and 130 nm CMOS chips in cooperation with the Robert Bosch GmbH, Arquimea Deutschland GmbH and the IHP GmbH (both Frankfurt/Oder). The workgroup conducted research for reliable RISC-V based processors in IHP130 nm CMOS standard cell technology with the freely available RISC-V PULPissimo with the RISCY core and the Freedom E300 platform with the rocket CPU core.

### Ultra-fast fault simulation

We developed an ultra-fast fault analysis and simulation framework as a QEMU extension for a set of target-compiled binary programs based on an RISC-V specific fault model, which covers instructions, standard registers and memory regions for transient bitflip and permanent stuck-at faults. After the simulation of the fault injected variants (mutations) based on the virtual prototype, an optimisation and strategies to significantly reduce the software test sets are applied by retaining the fault coverage at the same time. Once chip layout information is available, adjacency relationships between the flipflop register cells can be used to extend the basic 1-bit fault

assumption to n-bit faults for adjacent cells. This covers, for instance, the effect of so-called MCUs (Multiple Cell Upsets) which are caused by high energy particles from space. Experimental results demonstrate that the system even scales for more complex applications by processing several billion fault simulations within less than 24 h with average speeds of 50-3000 MIPS (Million Instructions Per Second) when executed on a parallel simulation platform.



Registerzellen der 31 32bit-General-Purpose-Register des Freedom-E300 (grün markiert)  
Freedom E300 register cells of the 31 32bit RISC-V general purpose registers (in green)



apl. Prof. Dr. Wolfgang Müller  
E-mail: wmueller@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 63 52



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

Project management: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

## Vijayalakshmi Surendranath Shroff

M.Sc.  
Schaltungstechnik

Mein Name ist Vijayalakshmi Surendranath Shroff. Ursprünglich stamme ich aus dem südlichen Teil Indiens, aus Bangalore. Seit Anfang August 2021 arbeite ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ unter der Leitung von Professor Christoph Scheytt am Heinz Nixdorf Institut.

Ich bin mit Begeisterung für die Wissenschaft aufgewachsen und habe mich frühzeitig für die Funktionsweise verschiedener Geräte im Haushalt interessiert. Eine genauere Einführung in die Welt der Elektronik begann mit dem Physikstudium in der Schule. Die grundlegenden Konzepte genügten mir, um die kindliche Faszination in ein ernsthaftes akademisches Engagement umzuwandeln, indem ich einen Bachelor in Elektrotechnik und Elektronik absolvierte. In vielerlei Hinsicht war dies der Grundstein für hohe akademische Leistungen, Selbstvertrauen und das Bedürfnis, auf dem Gebiet einen Beitrag zu leisten, was auch während meines Masterstudiums des Electrical Systems Engineering in Paderborn, Deutschland, neue Ausdrucksmöglichkeiten suchte und fand.

Während meines Masterstudiums hatte ich die Möglichkeit, als studentische Hilfskraft in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ mitzuarbeiten, um zusammen mit akademischen Vorlesungen und Projekten meinen Wissensdurst im Bereich des Schaltungsentwurfs zu stillen. Dieses ungetrübte Interesse führte mich zu meiner Masterarbeit im Gebiet des phasenrauscharmen und hochfrequenten Schaltungsentwurfs. Die Bedeutung und der Bedarf an hoher spektraler Reinheit in verschiedenen Anwendungen wie Sensorik, Hochgeschwindigkeits-Datenkommunikation, Bildgebungssystemen usw. haben dazu beigetragen, dass ich mich in meiner Forschung mit der Entwicklung und Integration optoelektronischer Systeme in Silizium-Photonik-Technologie beschäftige, wobei der Schwerpunkt auf der Frequenzsynthese mit sehr geringem Phasenrauschen liegt, die den rein elektronischen Frequenzsynthesizern überlegen ist.

Neben meiner Forschung verbringe ich viel Zeit mit Reisen und Sport. Als sportbegeisterter Mensch spiele ich gerne Volleyball, Tischtennis und Cricket. Ich genieße es auch, durch Europa zu reisen und verschiedene Lebensweisen zu erkunden und zu erleben. Das gibt mir ein Gefühl der Entspannung und trägt dazu bei, die Harmonie zwischen Arbeit und Leben aufrechtzuerhalten.

## Vijayalakshmi Surendranath Shroff

M.Sc.  
System and Circuit Technology

My name is Vijayalakshmi Surendranath Shroff. My roots are from southern India, Bangalore. Since the beginning of August 2021, I have been working as a research assistant in the “System and Circuit Technology” workgroup headed by Professor Christoph Scheytt at the Heinz Nixdorf Institute.

I grew up celebrating and honouring science; I used to scrutinise the mechanism of various devices from my household. A formal introduction to the world of electronics began when I studied physics in school. The basic concepts were enough for me to convert my child-like fascination into a serious academic engagement as a Bachelor of Electrical Engineering and Electronics. In many ways, this set the pace for high academic achievement, self-confidence and a spirit of participation that led me to seek and find new channels of expression as a Master of Electrical Systems Engineering in Paderborn, Germany.

During the course of my master’s degree studies, I was given the opportunity as a work student at the “System and Circuit Technology” workgroup which, along with academic lectures and projects, accelerated the learning curves in the field of circuit design. This undiluted interest directed me towards my master’s thesis with an objective of low phase noise and high frequency circuit design. The significance and demand for high spectral purity in various applications like sensing, high-speed data communications, imaging systems etc. further helped in leading me to my research interests in developing and integrating opto-electronic systems in silicon photonics technology with a definitive focus on very low phase noise frequency synthesis overriding purely electronic frequency synthesizers.

Apart from my research, I spend a lot of time travelling and doing sports. Being a sport enthusiast, I love playing volleyball, table tennis and cricket. I also enjoy wandering across Europe exploring and experiencing various lifestyles. This surely gives me a sense of relaxation and helps me to maintain a good work-life balance.

„Schaltungsentwurf“ ist sichtbar gemachtes Denken, das eine Brücke zwischen KREATIVITÄT und INNOVATION schlägt.

“Circuit Design” is thinking made visible, bridging CREATIVITY to INNOVATION.

## 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)

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



## 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 Schnittstellen 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 (CAD model), 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.

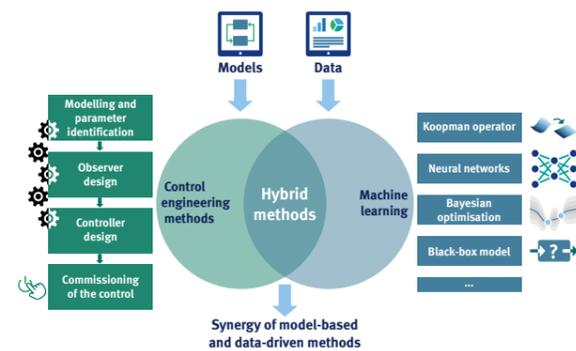
## Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik

Nachwuchsgruppe DART erforscht den Optimalsteuerungsentwurf mit hybriden Modellen

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 unter der Leitung von Dr.-Ing. Julia Timmermann die synergetische Kombination von datengetriebenen und modellbasierten Methoden in der Anwendung auf regelungstechnische Probleme.

Das Ziel der Nachwuchsforschungsgruppe DART ist es, neuartige hybride Methoden für regelungstechnische Probleme zu entwickeln, indem die bewährten physikalisch motivierten Verfahren mit 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.

Für den Entwurf einer optimalen Steuerung für ein gegebenes dynamisches System ist es notwendig, ein mathematisches Simulationsmodell aufzustellen. Dies geschieht im Allgemeinen durch die Anwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten. Insbesondere für komplexe Systeme ist die Modellbildung schwierig und aufwendig, sodass zwar ein einfaches Modell formuliert und damit eine Steuerung berechnet werden kann,



Projektübersicht von DART  
Project overview of DART

diese dann aber bei der Erprobung bzw. Anwendung auf das reale System suboptimal ist oder überhaupt nicht funktioniert. Eine Möglichkeit der Verbesserung ist es, einen detaillierteren und damit immer zeitaufwendigeren Modellierungsprozess



**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: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

durchzuführen, was in vielen Fällen unverhältnismäßig aufwendig oder sogar nicht möglich ist.

Maschinelle Lernverfahren bieten in diesem Zusammenhang eine andere Lösungsmöglichkeit. Dabei werden die bestehenden Modellfehler auf der Grundlage von aufgenommenen Messdaten durch einen datengetriebenen Modellteil kompensiert. Wir benutzen hierfür probabilistische Gauß-Prozesse, welche unter anderem in der Lage sind, die Unsicherheit über die Modellfehler zu quantifizieren. Diese Information nutzen wir in einem erweiterten Optimalsteuerungsentwurf, welcher sich iterativ und kontinuierlich durch Erprobungen am realen System bezüglich der Bewertungskriterien verbessert. Eine beispielhafte Anwendung ist unser Golfroboter, bei dem ein einfaches mechanisches Modell der Schlagbewegung vorgegeben und die Dynamik der Reibung und Aktorik durch den datengetriebenen Teil gelernt wird. Das Endergebnis ist eine Ansteuerung des Schlägers, sodass der Golfball energieeffizient und robust geputtet werden kann.

Weitere Forschung konzentriert sich auf sicherheitskritische Aspekte, wie beispielsweise die Einhaltung von technischen Zustandsbeschränkungen. Aufgrund unseres probabilistischen Ansatzes sind wir in der Lage, wahrscheinlichkeitsbasierte Verletzungen dieser Nebenbedingungen anzugeben, welche wiederum im Lernverfahren berücksichtigt werden. Eine wesentliche Herausforderung ist es, einen Kompromiss zu finden, bei dem die Sicherheit gewährleistet wird, und gleichzeitig unsichere bzw. unbekannte Zustandsraumbereiche exploriert werden, die für das Erreichen des Steuerungsziels notwendig sind.

## Data-driven methods in control engineering

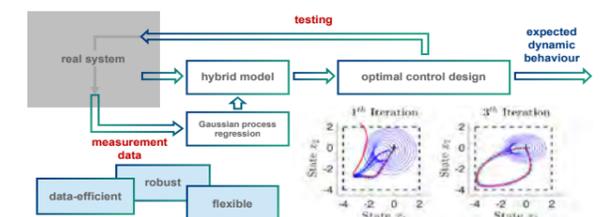
Junior research group DART investigates optimal control design with hybrid models

During digitalisation, artificial intelligence and machine learning are currently receiving high attention from science and industry. Under the leadership of Dr.-Ing. Julia Timmermann, 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.

The goal of the junior research group DART is to develop novel hybrid methods for control engineering problems by combining proven physically motivated methods with modern data-driven methods 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 aspects of classical control engineering by hybrid approaches with data-based methods.

For the design of optimal control for a given dynamic system, it is necessary to set up a mathematical simulation model. This is generally done by applying physical laws. Especially for complex systems, modelling is difficult and costly, so although a simple model can be formulated and thus a control can be calculated, however, when applied to the real system, it is suboptimal or does not work at all. One possibility for improvement is to perform a more detailed and thus increasingly time-consuming modelling process, which in many cases is not practical and may even simply not be possible.

Machine learning techniques offer another possible solution in this context. Here, the existing model errors are compensated by a data-driven model part based on recorded measurement data. We use probabilistic Gaussian processes for this purpose, which are, among other things, able to quantify the uncertainty about the model errors. We use this information in an extended optimal control design, which iteratively and continuously improves with respect to the evaluation criteria by testing on the real system. An exemplary application is our golf robot, where a simple mechanical model of the stroke motion is given, and the dynamics of friction and actuation is learned by the data-driven part. The result is a control of the club so that energy-efficient and robust golf ball putting can be achieved.



Hybrider Optimalsteuerungsentwurf  
Hybrid optimal control design

Our further research focuses on safety-critical aspects, such as satisfying technical state constraints. Due to our probabilistic approach, we can specify probability-based violations of these constraints, which are in turn considered in the learning procedure. A key challenge is to find a compromise where safety is guaranteed while exploring uncertain, or unknown, state space regions that are necessary to achieve the control objective.



**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  
Project management: German Aerospace Center (DLR)

## Intelligenter Golfroboter

Unser Golfroboter dient der Entwicklung und Erprobung neuartiger intelligenter Regelungsverfahren

Für die Regelung von modernen mechatronischen Systemen mit steigender Komplexität werden leistungsfähige Verfahren benötigt. Im Zuge dessen erlangen Methoden des Maschinellen Lernens (ML) immer mehr an Bedeutung. An unserem intelligenten Golfroboter können wissenschaftliche Mitarbeiter\*innen und Studierende gemeinsam neue Verfahren entwickeln und in der Praxis umsetzen.

Unser Projekt hat zum einen das Ziel, einen intelligenten mechatronischen Golfroboter zu entwickeln, und zum anderen, Studierende in die wissenschaftliche und praktische Forschungsarbeit einzubinden. Wissenschaftliche Mitarbeiter\*innen und Studierende forschen gemeinsam an Verfahren, mit denen der Golfroboter eigenständig anhand von Daten sowie physikalischem Vorwissen das Putten des Balls erlernen soll. Hierbei wird vor allem die Synergie aus der Kombination von leistungsstarken datengetriebenen Verfahren und bewährten physik-basierten Methoden aus dem regelungstechnischen Kontext genutzt.

Der autonome Golfroboter soll nach einer Trainingsphase von einer beliebigen Startposition aus mit nur einem Schlag den Ball ins Loch schlagen. Der mechatronische Entwurf besteht aus einer Fahreinheit, einer Schlagregelung und einer Bilderkennung.



Am Golfroboter werden die Studierenden aktiv in die Entwicklung von ML-Methoden eingebunden.  
The golf robot is used to actively involve students in the development of ML methods.

Die mechatronische Ansteuerung kann durch klassische regelungstechnische Methoden realisiert werden, während die Analyse der Spielsituation und die Entwicklung einer Spielstrategie deutlich komplizierter sind. Mittels einer Bilderkennung wird die Position des Balls und des Golfroboters sowie dessen Ausrichtung detektiert. Anschließend wird mit diesen Informationen ein trainiertes neuronales Netz genutzt, um bei einer gegebenen hügeligen Spielfläche die erforderliche Schlaggeschwindigkeit zu ermitteln. Zum Abschluss wird der Golfroboter so angesteuert, dass er die gewünschte Zielposition einnimmt und den Ball mit einem geregelten Schlag einlocht.

Unser Golfroboter umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Themenbereiche, wie z. B. Konstruktion, Regelung, Ansteuerung und ML-Algorithmen, die von Studierenden bearbeitet werden können. Der bisherige Entwicklungsstand ist zum Teil das Ergebnis verschiedener studentischer Arbeiten. Ziel dieser Arbeiten war und ist es, den Studierenden einen direkten Kontakt zu praktisch relevanten und wissenschaftlichen Themen sowie ein greifbares Ergebnis am Golfroboter zu ermöglichen.

Das autonome Golfspiel wurde für eine Spielfläche ohne Hügel mit den zuvor beschriebenen Methoden bereits erfolgreich umgesetzt. Dennoch gibt es noch weiteres Entwicklungs- und Optimierungspotenzial im Bereich der Positionssteuerung und des Lernprozesses.

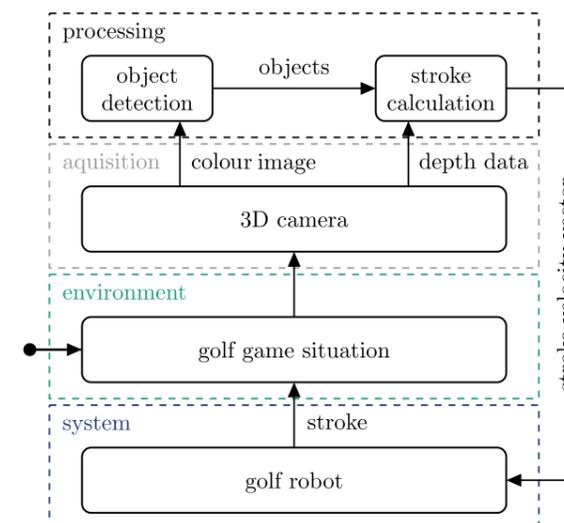
 **Annika Junker, M.Sc.**  
E-Mail: annika.junker@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 91

## Intelligent golf robot

Our golf robot is used to develop and test novel intelligent control methods

The control of modern mechatronic systems with increasing complexity requires powerful methods. In this context, machine learning (ML) methods become increasingly important. With our intelligent golf robot, researchers and students can develop new methods together and implement them in practice.

Our project aims to develop an intelligent mechatronic golf robot and to involve students in scientific and practical research work. Researchers and students are working together to develop methods that enable the golf robot to learn autonomously how to putt the ball based on data and prior physical knowledge. This research exploits the synergy of combining powerful data-driven methods with proven physics-based methods from the control engineering context.



Die Aufgabe des autonomen Puttens lässt sich in unterschiedliche Teilprobleme strukturieren.  
The task of autonomous putting is structured into different subproblems.

After a training phase, the autonomous golf robot is to hit the ball into the hole from any starting position with just one stroke. The mechatronic design consists of a driving unit, stroke control and image recognition. The mechatronic control is realised by classical control engineering methods, whereas the analysis of the game situation and the development of a stroke strategy are much more complicated. Image recognition is used to detect the position of the ball and the golf robot as well as its orientation. Then, using this information, a trained neural network is used to determine the required stroke speed

 **Annika Junker, M.Sc.**  
E-mail: annika.junker@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 91

for a given green surface. Finally, the golf robot is controlled so that it strikes the desired target pose and hits the ball with a controlled stroke into the hole.

The golf robot includes a variety of different topics, such as construction, control and ML algorithms, that students can work on. The current state of development is partially an outcome of various student projects. It has been and still is the goal of this work to provide students with the opportunity for hands-on contact with both practically relevant and scientific topics as well as a concrete result on the golf robot.

The autonomous golf game has already been successfully implemented for a playing surface without hills using the above-described methods. Nevertheless, there is still further potential for development and optimisation in the area of position control and the learning process.

## Hochdynamischer Prüfzylinder für Prüfstände (HoPPs)

Ein universeller hydraulischer Prüfzylinder für Lastprüfstände in der Automobilindustrie

In der Automobilindustrie werden hydraulische Prüfzylinder u. a. für die Lastprüfung von Fahrwerkskomponenten eingesetzt. Die notwendige Nachbildungsgüte der Referenzlasten wird bisher bei branchenüblichen Prüfsystemen mithilfe von zeit- und kostenintensiven iterativen Lernverfahren erzielt. Im Rahmen des Vorhabens sollte daher ein neuartiger hochdynamischer hydraulischer Prüfzylinder mit selbsteinstellender Regelung entwickelt werden.

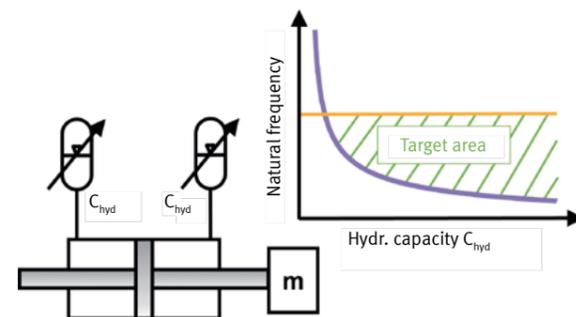
Der Fokus sollte hierbei auf der Präzision und Dynamik des Zylinders liegen und somit den Bedarf nach schnelleren, genaueren und auch flexibleren Prüfsystemen erfüllen. Dafür wurde ein neuartiges Zylinderkonzept entwickelt, welches konstruktive Maßnahmen in Form von einstellbaren hydraulischen Kapazitäten vorsieht. Dadurch lässt sich die Eigenfrequenz der Kombination aus Prüfzylinder und Prüfling variabel absenkbar gestalten.

Der Fokus seitens der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ lag auf der Entwicklung komplexer breitbandiger Regelungsstrategien. Aufbauend auf den konstruktiven Maßnahmen wurde von der Fachgruppe ein Konzept für eine selbst-einstellende Weg- und Kraftregelung erarbeitet, das den klassischen linearen Ansätzen überlegen ist und weitestgehend ohne Iterationsvorgänge ausreichend gute Ergebnisse bzgl. der Belastungsnachbildung liefert.

Zuerst wurde ein umfassendes Prüfstandsmodell entwickelt, anhand dessen eine modellbasierte Studie zur theoretischen Absicherung der positiven Effekte des Konzepts vorgenommen wurde. Um einen möglichst universellen Einsatz in verschiedensten Prüfsystemen zu gewährleisten, wurden zusätzlich Algorithmen für eine selbsteinstellende Regelung ausgearbeitet. Die Modellparameter lassen sich nun in Echtzeit am Prüfstand mithilfe einer nichtlinearen Optimierung bestimmen. Zusätzlich wird ein neuronales Netz trainiert, um das komplexe Verhalten des Prüflings abzubilden.

Auf Basis des vollständig parametrisierten Modells lassen sich anschließend automatisiert Parameter für die Regelung bestimmen, welche am Prüfstand lediglich in geringem Umfang händisch angepasst werden müssen. Das gewählte Regelungskonzept berücksichtigt inhärent das Prüflingsverhalten, sodass eine nachträgliche Adaption der Parameter im Prüfbetrieb entfallen kann. Auf diese Weise ergibt sich gegenüber der herkömmlichen iterativen Vorgehensweise eine Zeitersparnis von ca. 50 Prozent.

Die Funktionalität der einstellbaren hydraulischen Kapazitäten wurde in abschließenden Prüfstandsversuchen bestätigt und eine Absenkung der Systemeigenfrequenz erreicht. Der Einsatz eines leistungsstärkeren Servoventils hat sich jedoch als notwendig erwiesen, um das volle Potenzial der Dynamiksteigerung entfalten zu können. Für bestimmte Anwendungsfälle konnten die vorteilhaften Effekte auf die Regelbandbreite auch praktisch nachgewiesen werden, sodass nun wertvolle Erkenntnisse für weiterführende Studien vorliegen.



Gewünschte Auswirkung der zusätzlichen hydraulischen Kapazitäten  
Desired effect of the additional hydraulic capacities

**Christopher Lüke, M.Sc.**  
E-Mail: christopher.lueke@hni.upb.de  
Telefon: +49 5251 | 60 62 96

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand  
Projekträger: AIF Projekt GmbH  
Projektpartner: Fertigungsgerätebau Adolf Steinbach GmbH & Co. KG (FGB), Salz bei Bad Neustadt; ZF Friedrichshafen AG, Stemmwe; InnoZent OWL e.V., Paderborn

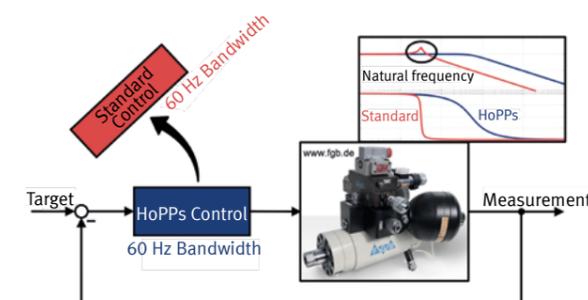
## Highly dynamic test cylinder for test benches (HoPPs)

A universal hydraulic test cylinder for load test benches in the automotive industry

In the automotive industry, hydraulic test cylinders are used for load testing of chassis components. Up to now, the necessary reproduction quality of the reference loads has been achieved in conventional test systems with the aid of time-consuming and cost-intensive iterative learning procedures. Therefore, the project aimed to develop a new type of highly dynamic hydraulic test cylinder with self-adjusting control.

The focus was put on the precision and dynamics of the cylinder and thus meet the need for faster, more accurate and also more flexible test systems. A new type of cylinder concept was developed for this purpose, which provides for design measures in the form of adjustable hydraulic capacities. This allows the natural frequency of the combination of test cylinder and test specimen to be variably lowered.

The focus of the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup was on the development of complex broadband control strategies. Based on the constructive design measures, the group developed a concept for a self-adjusting displacement and force control that is superior to the classical linear approaches and provides sufficiently good results with respect to the load simulation without iteration processes.



Ziel der Regelung für den Hydraulikzylinder  
Target of the control for the hydraulic cylinder

First, a comprehensive test rig model was developed, based on which a model-based study was carried out to theoretically validate the positive effects of the concept. To ensure that the concept can be used as universally as possible in a wide variety of test systems, additional algorithms were developed for self-adjusting control. The model parameters can now be determined in real-time on the test bench using nonlinear optimisation. In addition, a neural network is trained to represent the complex behaviour of the test specimen.

Based on the fully parameterised model, parameters for the control can then be determined automatically, which only need minor manual adjustments on the test bench. The selected control concept inherently considers the behaviour of the test specimen so that there is no need for subsequent adaptation of the parameters during testing. This results in a time saving of about 50 percent compared to the conventional iterative approach.

The functionality of the adjustable hydraulic capacities was confirmed in final test bench trials and a reduction in the system's natural frequency was achieved. However, the use of a more powerful servo valve proved necessary to develop the full potential of the improvement of the system's dynamics. Nevertheless, the beneficial effects on the control bandwidth could be practically demonstrated for certain applications so that valuable findings are now available for further studies.

**Christopher Lüke, M.Sc.**  
E-mail: christopher.lueke@hni.upb.de  
Phone: +49 5251 | 60 62 96

Supported by: Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, Central Innovation Programme for SMEs (ZIM)  
Project management: AIF Projekt GmbH  
Project partners: Fertigungsgerätebau Adolf Steinbach GmbH & Co. KG (FGB), Salz; ZF Friedrichshafen AG, Stemmwe; InnoZent OWL e.V., Paderborn



---

## Michael Hesse

M.Sc.  
Regelungstechnik und Mechatronik

---

Mein Name ist Michael Hesse und ich bin seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“. Da sich meine Promotion dem Ende nähert, ist dies sicherlich ein guter Anlass, noch einmal einen Rückblick auf meinen bisherigen wissenschaftlichen Werdegang zu werfen. Ich komme ursprünglich aus Bünde in der Nähe von Herford, wo ich mein Abitur gemacht habe, bevor ich für das Maschinenbaustudium nach Paderborn gezogen bin.

Wie schafft es ein Traktor, mehrere Tonnen mit Leichtigkeit hinter sich her zu ziehen? Wie halten sich noch mehr Tonnen in mehreren Kilometern Höhe am Himmel? Das sind Fragen, die ich mir ursprünglich gestellt habe. Ich wusste damals noch nicht, dass die Regelungstechnik genau die Dinge vereint, die mich an Maschinen wirklich interessierten. Erst die Grundlagenvorlesungen machten mich auf das Thema aufmerksam und begeisterten mich dafür. Ein Studium später hatte ich alle Mechatronikveranstaltungen gehört, sodass ich noch etwas Zeit hatte, um ein paar Machine-Learning Veranstaltungen aus dem Fachbereich der Informatik zu besuchen. Konkrete Anknüpfungspunkte zur Regelungstechnik hab ich da noch nicht gesehen – doch wie sich herausgestellt hat ...

Meine Forschung richtet sich an schwer zu modellierende mechatronische Systeme und die Frage, wie man den Steuerungsentwurf für diese Systeme auf der Grundlage von Maschinendaten verbessern kann. Dabei sollen die etablierten physikalisch motivierten Verfahren durch den Einsatz maschineller Lernverfahren erweitert werden und flexibel auf beliebige Systeme anwendbar bleiben. Im Grunde erweitert meine Arbeit den Werkzeugkasten eines jeden Regelungstechnikers und einer jeden Regelungstechnikerin, worauf ich sehr stolz bin. Ein System, welches mich seit dem Beginn der Promotion begleitet, ist das Doppelpendel auf einem Wagen. Trotz seines vermeintlich einfachen Aufbaus bekommt man daran bereits einen guten Eindruck davon, wie anspruchsvoll und vielfältig die Regelungstechnik ist; und genau diese Tatsache macht für mich diese ingenieurtechnische Disziplin aus.

Abseits des Doktorandenlebens spiele ich gerne Fußball und Tennis, fahre im Winter gerne Ski und habe neuerdings auch das Windsurfen für mich entdeckt. Als Ausgleich bin ich aber auch für gutes Essen oder einen Film zu haben. Die Filme von Denis Villeneuve, Christopher Nolan, Darren Aronofsky oder Quentin Tarantino kann ich auf jeden Fall weiterempfehlen.

---

## Michael Hesse

M.Sc.  
Control Engineering and Mechatronics

---

My name is Michael Hesse and I have been a research associate at the Heinz Nixdorf Institute in the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup since 2018. As my PhD is coming to an end, this is certainly a good occasion to take a look back at my scientific career so far. I originally come from Bünde near Herford, where I graduated from high school before moving to Paderborn to study mechanical engineering.

How does a tractor manage to pull several tons behind it with ease? How do even more tons stay in the sky at an altitude of several kilometres? These are questions I initially asked myself. At the time, I didn’t know that control engineering combined exactly the things that really interested me about machines. It was during the basic lectures that I first became aware of the subject and got excited about it. One degree later, I had completed all the mechatronic courses, so I still had some time to attend a few machine learning courses from the computer science department. I didn’t see any specific connections to control engineering back then – but as it turned out...

My research addresses hard to model mechatronic systems and the question of how to improve control design for these systems based on machine data. In doing so, I aim to extend the established physically motivated methods by using machine learning techniques while remaining flexible to apply to arbitrary systems. Basically, my work expands the toolbox of any control engineer, which is something I am very proud of. One system that has accompanied me since the beginning of my PhD is the double pendulum on a cart. Despite its seemingly simple structure, it already gives you a good impression of how demanding and diverse control engineering is; and it is precisely this fact that makes this engineering discipline unique for me.

Apart from my doctoral studies, I enjoy playing soccer and tennis, skiing in winter and I have recently discovered windsurfing. However, for balance, I am also up for good food or a movie. I can definitely recommend the films of Denis Villeneuve, Christopher Nolan, Darren Aronofsky and Quentin Tarantino.

»» Straßen? Wo wir hinfahren, brauchen wir keine Straßen. ««

»» Roads? Where we’re going, we don’t need roads. ««  
(Doc Brown)

## Reflexion der technisch-wissenschaftlichen Kultur

Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar

Mit dem 19. Jahrhundert sind technisch-wissenschaftliche Entwicklungen zu einem prägenden Faktor der modernen Kultur geworden. Eine Philosophie und Ethik der Technik analysiert technische Visionen, Mensch-Technik-Relationen und soziotechnische Transformationen sowie normative und epistemische Herausforderungen dieser Entwicklungen.

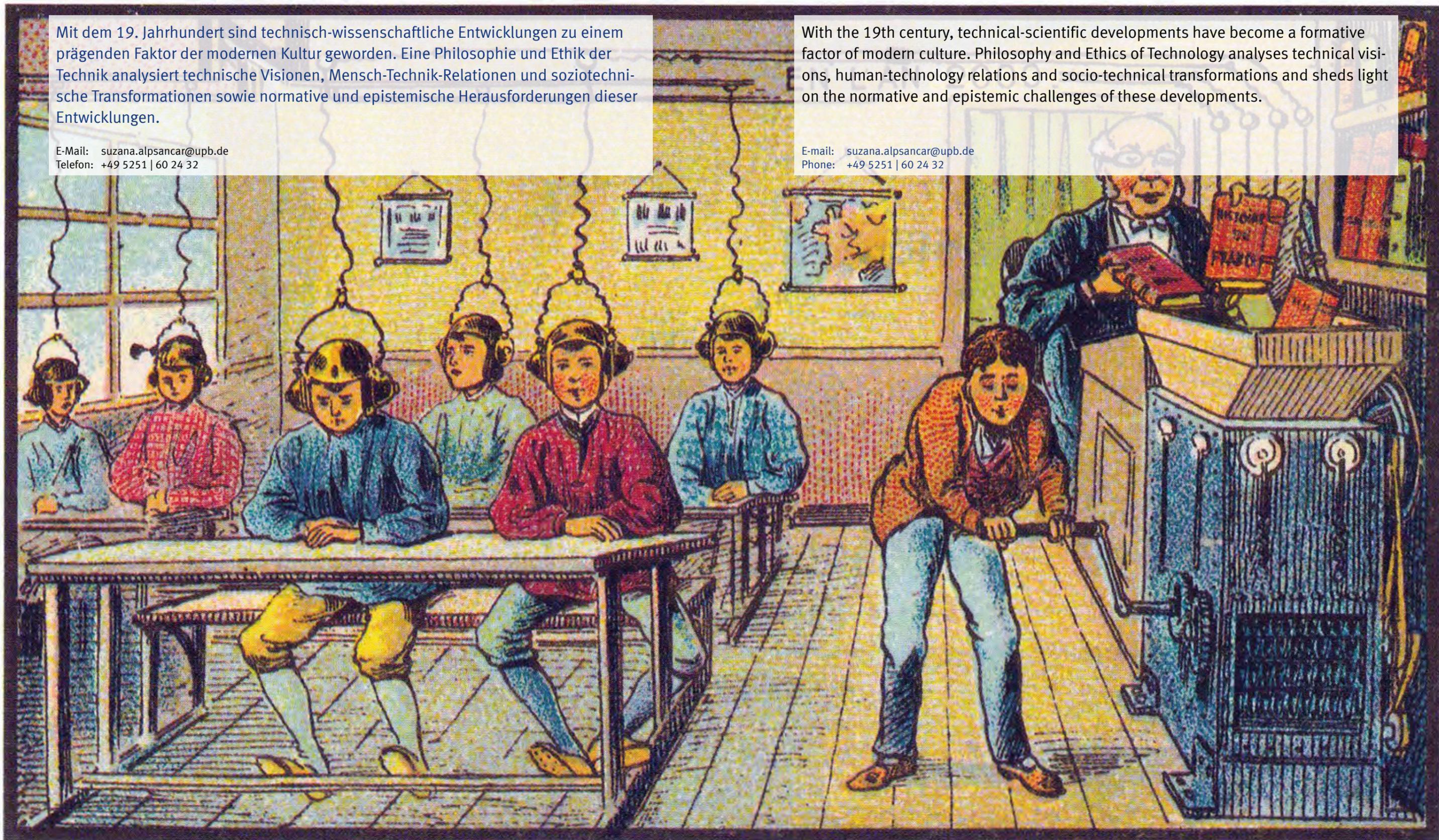
E-Mail: [suzana.alpsancar@upb.de](mailto:suzana.alpsancar@upb.de)  
Telefon: +49 5251 | 60 24 32

## Reflecting techno-scientific cultures

Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar

With the 19th century, technical-scientific developments have become a formative factor of modern culture. Philosophy and Ethics of Technology analyses technical visions, human-technology relations and socio-technical transformations and sheds light on the normative and epistemic challenges of these developments.

E-mail: [suzana.alpsancar@upb.de](mailto:suzana.alpsancar@upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 24 32



At School

## Fachgruppe Angewandte Ethik, Technikethik

Die Vision des autonomen Fahrens, KI-gestützte medizinische Diagnosen oder Roboter, die Kindern beim Lernen helfen sollen – die Optionen technologischer Entwicklungen stellen uns häufig vor neue epistemische und normative Fragen. Technikethik wägt moralische Implikationen neuer Technologien unter Unsicherheit ihrer Entwicklung und Anwendung ab, indem sie u. a. inhärente Wertbezüge expliziert und diskutiert.

### Bedingungen der modernen technisch-wissenschaftlichen Kultur

Technikethische Bewertungen setzen auf technikphilosophischen Überlegungen auf. Letztere analysieren Mensch-Technik-Relationen in konkreten Anwendungsfällen, legen Subjektivierungs- und Objektivierungsformen typischer soziotechnischer Konfigurationen frei und zeigen epistemische Aspekte auf, die mit normativen Fragen verquickt sind (z. B. explainable AI). Technikphilosophie untersucht zudem, worin sich verschiedenen Verständnisse von Technik unterscheiden, und hilft, die fortschreitende Technisierung der modernen Welt theoretisch zu reflektieren.

### Philosophie und Ethik der Technik in der Lehre

Klassiker und Fallstudien der Philosophie und Ethik der Technik stehen im Fokus der Lehre, die sowohl in den Zweifach-Bachelorstudiengang und den Masterstudiengang der Fakultät für Kulturwissenschaften Eingang finden als auch in die Studiengänge des Unterrichtsfachs Philosophie für verschiedene Schulformen. Insbesondere über das Nebenfach Philosophie für die Bachelorstudiengänge Informatik und Mathematik sowie über das Studium generale sind die Lehrveranstaltungen außerdem fakultätsübergreifend geöffnet. Für die Studierenden ist es zentral, einen quellenkritischen Blick zu entwickeln, da über Kampfdrohnen, Social Bots, algorithmische Entscheidungssysteme oder gentechnisch veränderte Organismen verschiedenste Akteur\*innen mit diversen Expertisen und Motiven schreiben und sprechen. Eine weitere Herausforderung besteht darin, theoretische durchdachte ethische Positionen und Argumente auf die jeweiligen Fallbeispiele zu beziehen.

### Automatisiertes und vernetztes Fahren

Ein Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe liegt in der (post-)phänomenologischen Analyse des automatisierten und vernetzten Fahrens. Wie verändern sich Autonomie und Agency bei steigenden Automatisierungsgraden der Fahrzeuge? Wie lässt sich das Zusammenspiel von Mensch und Maschine ethisch bewerten? Welche Vorstellungen des guten Lebens

liegen verschiedenen Visionen des (vollautomatisierten) autonomen Fahrens zugrunde?

### Digitale Nachhaltigkeit

Ein weiteres Forschungsprojekt der Fachgruppe zu der Energiegeschichte von Datenzentren ist in Vorbereitung. Erstens soll ein Überblick erarbeitet werden, seit wann und wie der Energiebedarf von Datenzentren bilanziert wird. Zweitens sollen die epistemologischen und normativen Vorannahmen der benutzten und durchaus verschiedenen Maßstäbe, Konzepte und Datenquellen expliziert werden. Drittens sollen diese Erkenntnis im Lichte der aktuellen EU-Empfehlungen gemäß dem „Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres“ diskutiert werden.



Jahrbuch Technikphilosophie 2022  
Yearbook Philosophy of Technology  
2022



## Workgroup Applied Ethics, Ethics of Technology

Many current technological developments, such as autonomous driving, AI-assisted medical diagnoses or robots designed to help educate children demonstrate the potential to serve a greater cause, but also raise societal and ethical concerns. By explicating normative implications of technologies, Ethics of Technology serves as a rational assessment for deciding how to design, regulate, adopt and cope with the (latest) technological advancements.

### Conditions of the modern technical-scientific culture

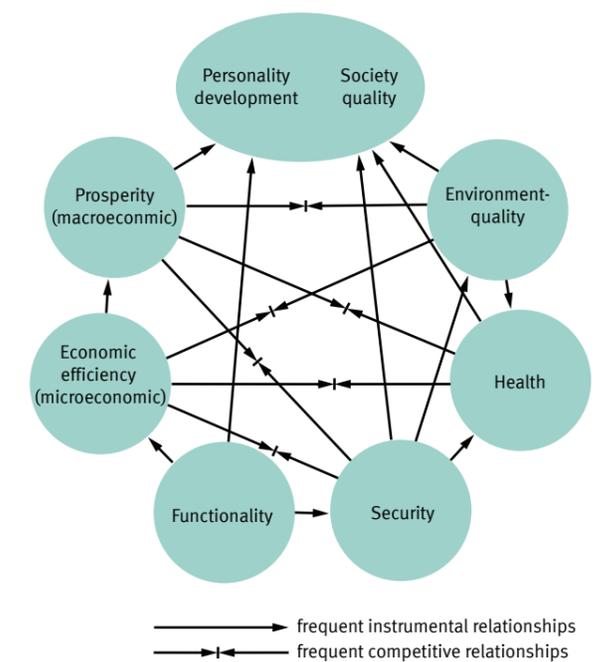
Ethical evaluations need sound philosophical reflections of technologies. Philosophy of Technology analyses human-technology relations in concrete applications, uncovers forms of subjectification and objectification of typical socio-technical configurations, and exposes epistemological aspects that are intertwined with normative questions (e.g. explainable AI). Philosophy of Technology also explores different concepts of technology and the ongoing technisation of the modern world.

### Philosophy and ethics of technology in teaching

In our classes, we investigate the classical positions in Ethics and Philosophy of Technology as well as concrete case studies. The courses belong to the academic subject Philosophy (two-subject Bachelor's and Cultural Studies Master's programme) as well as Bachelor's and Master's of Education. In addition they are open to students from other Faculties, either as a supplementary subject for Bachelor's programmes in Computer Science and Mathematics or via the 'Studium Generale'. When taking these courses, it is particularly important to develop a source-critical view, since a wide variety of actors with diverse expertise and motives write and speak about combat drones, social bots, algorithmic decision-making systems or genetically modified organisms, for example. Another challenge is to relate theoretically reflected ethical positions and arguments to the respective case studies.

### Automated and connected driving

A major focus of the workgroup is the (post-)phenomenological analysis of automated and connected driving. How do autonomy and agency change with increasing degrees of vehicle automation? How can the interaction between humans and machines be ethically evaluated? What notions of the good life (good mobility) underlie different visions of (fully automated) autonomous driving?



Nachstellung nach Werte-Oktogon des VDI  
Readjustment according to the value octagon of VDI

### Digital sustainability

Another research project of the energy-history of data centres is in preparation. First, an overview will be developed of when and how the energy demand of data centres has been accounted for. Second, the epistemological and normative assumptions of the used, and quite different, scales, concepts and data sources shall be explicated. Third, these findings will be reflected in the light of the current EU recommendations according to the "Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres".

## Ethik erklärbarer KI

### Was zeichnet gute Erklärungen aus?

KI ist im Begriff, alle Bereiche der Gesellschaft zu durchdringen. Ein Großteil der Technologie, die zu diesem Erfolg beiträgt, ist undurchsichtig. Es ist nicht gleich ersichtlich, warum sie ein bestimmtes Verhalten an den Tag legt – aus diversen Gründen. Diese Undurchsichtigkeit kann aus ethischer Sicht problematisch werden, z. B. wenn Ärzt\*innen Entscheidungen rechtfertigen müssen, die sie mit Software getroffen haben, die sie nur teilweise durchschauen.

#### Opazität

Je mehr undurchsichtige, datenbasierte Services in verschiedene gesellschaftliche Sektoren einziehen, desto dringlicher wird die Frage, ob man diese hinreichend versteht: Wissen wir, was sie tun? Was sie tun sollen und was lassen? Um Fehler zu finden, einen reibungslosen Betriebsablauf zu gewährleisten oder Verantwortung für getroffene Entscheidungen zu übernehmen, erscheint es oft notwendig, das Systemverhalten verstehen zu können. Software und Roboter können je nach ‚digitaler Literalität‘ mehr oder weniger opak für jemanden sein, sie können als Geschäftsgeheimnis für Dritte absichtlich undurchsichtig gehalten werden oder aber aufgrund genuin technischer Eigenschaften intransparent bleiben (Burrell).

#### Asymmetrien des Wissens und der Macht

Diese Intransparenz kann dann problematisch werden, wenn sie mit der Unfähigkeit einhergeht, einzuschätzen, ob eine vorliegende Ungleichbehandlung von Personen mit oder durch ein KI-System berechtigt ist oder nicht, z. B. bei Entscheidungen über die Vergabe von Krediten, medizinischen Behandlungen, der Einstufung von Versicherungsklassen oder der Einstellung von Personal. Denn üblicherweise halten wir es für gerechtfertigt, verschiedene Personen mit guten Gründen verschieden zu behandeln, etwa den Verkauf von Alkohol an Minderjährige zu untersagen. Wenn wir aber nicht einschätzen können, warum jemand anders behandelt wird, ist es schwer, vielleicht unmöglich, für oder gegen eine angebliche Diskriminierung zu argumentieren.

#### Wann sind Erklärungen sinnvoll, notwendig, angemessen?

Gegenwärtig orientiert sich die xAI-Forschung am Leitbild der „human-centric AI“ und rückt so potenzielle Nutzer\*innen in den Fokus. Für eine gute Gestaltung dieser Systeme sollte man aus ethischer Sicht weitere Aspekte beachten: Erstens ist das Erklären kein Selbstzweck. Denkbar ist, dass Erklärungen genutzt werden, um Nutzer\*innen zu manipulieren oder Akzeptanz für eine Technologie zu schaffen, die ethisch oder rechtlich inakzeptabel ist. Daher gilt es, gründlich abzuwägen, ob und



Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar  
E-mail: [suzana.alpsancar@upb.de](mailto:suzana.alpsancar@upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 24 32

welche Erklärungen in der jeweiligen Situation angemessen sind. Da soziale Situationen nur in idealisierter Form beschrieben werden können, können Konstellationen auftreten, mit denen niemand vorher gerechnet hat und auf die die Systeme nicht hinreichend ‚vorbereitet‘ sind. Aus ethischer Sicht sind hierfür Meta-Strategien zu integrieren, die es den Beteiligten dann ermöglichen, mit der Situation zielführend umzugehen. Zweitens sollte konsequent zwischen ethischen Anforderungen und Nutzerwünschen unterschieden werden: Ob man den eigenen Heim-Roboter besser oder schlechter steuern kann, muss ethisch nicht von Belang sein. Stärken Erklärungen die Handlungsfähigkeit von ihren Nutzer\*innen, kann dies auch im ethischen Sinne positiv sein (Autonomie). Möglich ist aber auch, dass beide Anforderungen in einen Widerspruch geraten: Ein hohes Maß an Transparenz versetzt einige Nutzer\*innen in die Lage, das System zu ihrem „persönliche Vorteil“ zu „überlisten“. Dieselbe Transparenz könnte andere jedoch überfordern und dadurch der Idee einer Chancengleichheit entgegenlaufen.

Die Fachgruppe „Angewandte Ethik, Technikethik“ erforscht diese Fragen im Austausch mit Kolleg\*innen des TRR 318 „Constructing Explainability“ und des Forschungsnetzwerks „SustAInable Life-cycle of Intelligent Socio-Technical Systems“ (SAIL).

## Ethics of explainable AI

### What are good explanations?

AI is about to permeate all areas of society. Much of the AI technology that is contributing to this success is opaque, meaning that it is not obvious for a variety of reasons why it exhibits a particular behaviour. This opacity can become problematic, including from an ethical perspective, e.g. when a physician must justify the decision they made using software they only partly see through.

#### Opacity

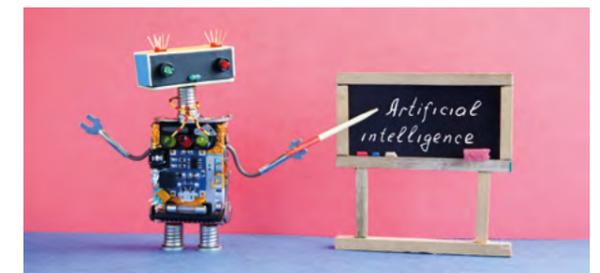
Due to the widespread use of opaque, data-driven tools and services, it has become a question of general interest whether these systems can be sufficiently well assessed, both epistemically (do we know what they do) and normatively (what should they do/what not). It often seems necessary to provide some sort of explanation or even transparency to ensure debugging, smooth operating or justifying its usage. Opacity relates, among other things, to an agent’s literacy (prior and domain knowledge), context and purpose of usage. Accordingly, software and robots are not evenly opaque to everyone.

#### Information asymmetry

Beyond the issue of digital illiteracy, systems can also be opaque due to their intrinsic technical features or by intention. It can become problematic if systems are opaque to the public and impartial third parties due to corporate secrecy, if they treat people unequally, e.g. in medical treatment, automobile insurance, credit loaning or hiring. We usually hold unequal treatment to be fair if there are good reasons to do so (e.g. no selling alcohol to minors). However, if we can’t assess the reasons why someone is treated differently, it is hard to argue in favour or against alleged discrimination.

#### Reflecting on the call for explainability

Accordingly, rendering AI-system understandable has become an urgent research matter, and explainable AI is the name of a new research field in computer science and beyond. Currently, research and development are guided by the principle of human-centric AI. By placing the human at the centre of the effort, the idea is to do justice to the high contextual dependency of the quality of explanations, to ensure optimal utility (and thus business) and at the same time remain in line with fundamental democratic values. There are several issues of ethical and philosophical interest, here: First, explaining AI is not per se a good thing. In the worst case, explanations can be used to manipulate users or to create acceptance for a technology that is ethically or legally unacceptable. Hence, we need to thoroughly consider if explaining the systems really does good



Roboter als Lehrende/r  
Robot as teacher

– and because of the complexity and uncertainty of social situations, we need to acknowledge that we can only classify use-cases of needing explanations by idealisation, which means that there might also be situations you have not accounted for in advance. Here, it is important to think about meta-strategies for coping with these situations. Second, ethical requirements and user demands should consequently be differentiated. Some users’ wishes, e.g. understanding awkward robot behaviour, must not be of ethical interest at all. Sometimes, users’ demands and ethical requirements might empower each other, e.g. in those cases where explaining fosters users’ agency and autonomy. There can also be cases in which empowering certain users counteracts ethical principles. For instance, a high degree of transparency is known to enable some users to ‘game the system’ thereby increasing their self-determination. However, the same transparency might overwhelm others thereby introducing unfairness rather than reducing it.

The workgroup contributes to these questions in exchange with colleagues of the TRR 318 “Constructing Explainability” and the research network “SustAInable Life-cycle of Intelligent Socio-Technical Systems” (SAIL).



Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar  
E-mail: [suzana.alpsancar@upb.de](mailto:suzana.alpsancar@upb.de)  
Phone: +49 5251 | 60 24 32



»» Ich habe nichts zu sagen. Nur zu zeigen. ««

»» I have nothing to say. Only to show. ««  
(Walter Benjamin)

## Sven Thomas

M.A. Technik und Philosophie  
Angewandte Ethik, Technikethik

Mein Name ist Sven Thomas und ich bin 28 Jahre jung. Gebürtig komme ich aus einem kleinen Dorf in der Nähe des schönen, am Rande des Odenwalds gelegenen Darmstadt. Nach meinem Schulabschluss im Jahr 2013 entschied ich mich zuerst für das Studium der Mathematik an der Technischen Universität Darmstadt, welches mir ebenfalls die Möglichkeit bot, ein Jahr in Oslo, Norwegen, und ein Semester in Chennai, Indien, zu verbringen. Im Zuge meiner mathematischen Ausbildung besuchte ich diverse Veranstaltungen unterschiedlichster Fachbereiche, da mir die abstrakten Welten der Mathematik zwar halfen, meine Gedanken zu strukturieren, aber ich nach Ansätzen suchte, die mir dabei helfen würden, unsere konkreten Lebenswelten besser zu verstehen. Auf dieser Suche entdeckte ich meine Faszination für die Philosophie, welcher ich im Rahmen meines Masters ebenfalls an der TU Darmstadt nachgegangen bin.

Seit April 2022 arbeite ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter für Juniorprofessorin Suzana Alpsancar in der am Heinz Nixdorf Institut assoziierten Fachgruppe für „Angewandte Ethik, Technikethik“. Meine Forschungsschwerpunkte liegen bei Fragestellungen, die den Einfluss neuer technischer Artefakte auf unseren Umgang mit anderen und mit der Welt untersuchen. Hierbei interessiere ich mich insbesondere für Alltägliches, wie zum Beispiel für den Umgang mit und die Nutzung von Messenger-Diensten, sozialen Medien oder Dating-Plattformen und auch im Hintergrund ablaufende Technologien wie die algorithmische Übersetzung von Sprachen. Letzterem widme ich mich in meinem Promotionsprojekt. Hierbei interessiere ich mich insbesondere für sprachphilosophische und erkenntnistheoretische Veränderungen in unserem Umgang mit Sprachen, welche sich durch den Übergang von einem ästhetischen zu einem instrumentellen Übersetzungsprozess anzeigen. Mit meinen Studien möchte ich dazu beitragen, dass wir die vielen neuen Erfindungen bewusster nutzen, um die durch sie entstehenden Vorteile für unser Leben hervorheben zu können, und nicht den ihnen innewohnenden Logiken passiv erliegen.

Das schöne Paderborn hat sich als eine ideale Stadt für mich entpuppt, da ich hier neben meiner spannenden Arbeit meinen liebsten Freizeitaktivitäten, wie spazieren, wandern und bouldern nachgehen kann. Außerdem lese ich gerne in den vielen kleinen Cafés der Stadt — das viele Lesen könnte man als Berufsrisiko der Philosophie sehen.

## Sven Thomas

M.A. Technology and Philosophy  
Applied Ethics, Ethics of Technology

My name is Sven Thomas and I am 28 years young. By birth, I come from a small village near the beautiful Darmstadt, located on the edge of the Odenwald. After graduating from school in 2013, I first decided to study mathematics at the Technical University of Darmstadt, which also gave me the opportunity to spend a year in Oslo, Norway, and a semester in Chennai, India. During my mathematical education, I attended various courses in different fields because the abstract worlds of mathematics helped me to structure my thoughts, but I was looking for approaches that would help me to better understand our actual experiences with the world. In doing so, I discovered my fascination for philosophy, which I then pursued in the context of my master's degree at the TU Darmstadt.

Since April 2022, I have been working as a research assistant for Juniorprofessor Suzana Alpsancar in the Heinz Nixdorf Institutes “Applied Ethics, Ethics of Technology” workgroup. My research focuses on issues that examine the impact of new technological artefacts on our interaction with others and with the world. Here, I am particularly interested in everyday things, such as how we deal with and use messaging services, social media or dating platforms as well as technologies that run in the background, such as the algorithmic translation of languages, which is subject of my Phd-project. Here I am particularly interested in the philosophical and epistemological changes in the way we deal with languages, which are indicated by the transition from an aesthetic to an instrumental process of translation. With my studies, I would like to contribute to using the many new inventions more consciously in order to be able to emphasise the advantages for our lives, which result from them, and not to succumb passively to the logics inherent in them.

The beautiful city of Paderborn has turned out to be an ideal city for me, as I can pursue my favourite leisure activities, such as walking, hiking and bouldering, in addition to my exciting work. I also enjoy reading in the city's many small cafes — reading a lot could be seen as an occupational hazard of philosophy.

---

## 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)

---

## 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



## Fachgruppe Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Wissenschaftliche Forschung und ihre Anwendung bei der Entwicklung neuer Technologien bedürfen theoretisch reflektierter Bewertungsmaßstäbe. Deren formale und inhaltliche Bedingungen analysiert die Fachgruppe in historischer und systematischer Perspektive. Das Hauptinteresse gilt der symbolischen Logik und ihrer Geschichte, der formalen Semantik sowie der Philosophie der Mathematik und der Naturwissenschaften.

### Bedingungen wissenschaftlichen Handelns

Zentral für die Arbeit der Fachgruppe ist die Auseinandersetzung mit den logischen und kognitiven Bedingungen des Erkennens und des wissenschaftlichen Handelns. In der Lehre bemüht sich die Fachgruppe speziell in diesen Bereichen um Vermittlung der philosophischen Weise, Fragen zu stellen und Lösungsansätze zu diskutieren. Schwerpunkte liegen in der Methodenlehre und der Theorie wissenschaftlichen Handelns. Sie ermöglichen die Diskussion über Maßstäbe für die Technikfolgenabschätzung.

### Philosophie an der Universität

Als Bestandteil der Studieninhalte des Fachs Philosophie fließen die Themen der Fachgruppe sowohl in den Zwei-Fach-Bachelorstudiengang und den Master der Fakultät für Kulturwissenschaften als auch in die Studiengänge für das Unterrichtsfach Philosophie in mehreren Schulformen ein. Darüber hinaus wird Philosophie fakultätsübergreifend als Standard-Nebenfach für die Bachelorstudiengänge Informatik und Mathematik angeboten.

### Geschichte der Logik, Mathematik und Informatik

Ein Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe liegt in der Geschichte der neueren Logik und mathematischen Grundlagenforschung. Untersucht wird die Entwicklung der Logik von der traditionellen Urteilslehre bis hin zur Mathematischen Logik und Beweistheorie. Im Spannungsfeld des Dialoges zwischen Philosophie und Mathematik werden die historischen Bedingungen von Subdisziplinen der jüngeren Mathematik sowie der Theoretischen Informatik rekonstruiert.

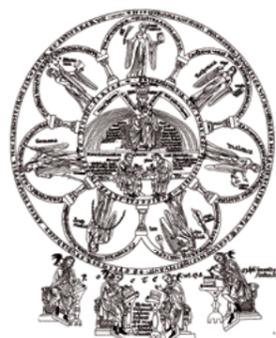
### Formale Logik und mathematische Praxis

Im Fokus der Fachgruppe stehen Auseinandersetzungen über den Status der formalen Logik, die im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert maßgeblich von Mathematikern vorangetrieben wurden. Diese Diskussionen werden als Ausdruck des Bemühens gesehen, in der mathematischen Praxis entstandene Grundlagenprobleme zu bewältigen. Die Reformierung der Logik ist veranlasst vom pragmatischen Interesse, dem Mathematiker ein ungehindertes Arbeiten im eigenen Betätigungsfeld zu ermöglichen.

Die Fachgruppe fragt nach dem Verhältnis der praktischen Motivation einer neuen Grundlegung mathematischer Forschung zu deren theoretischen Implikationen und Konsequenzen in der Philosophie der Mathematik und Logik. Ein wichtiges Hilfsmittel dieser Arbeiten ist die Database for the History of Logic, eine bibliografische Sammlung mit Porträtarchiv, die in Paderborn aufgebaut wird und interessierten Logikhistorikern offensteht.

### Geschichte der Algebraisierung der Logik

Die Studien zur Philosophie der Mathematik und Logik werden ergänzt durch historische Forschungen zur Mathematisierung logischer Methoden im Kontext der Entstehung der symbolischen Logik im 19. Jahrhundert. Untersucht werden Stadien einer Überführung der klassischen syllogistischen Logik in formalisierbare Calculi, kraft derer Problemlösungsprozesse automatisiert werden sollen. Die Möglichkeit einer konzeptionellen Trennung von Struktur und Interpretation eines Systems wird in diesem Zuge vorbereitet.



Die sieben freien Künste aus dem Hortus deliciarum der Äbtissin Herrad von Landsberg (1170)  
The Seven Liberal Arts from the Hortus deliciarum of the abbess Herrad from Landsberg (1170)

## Workgroup Philosophy of Science and Technology

Assessment of the scientific and applied research demands the deliberate rational standards that are proved to be theoretically sound. Regarding both form and content, we study their conditions by way of historical analyses and systematic enquiries. Our main concerns are with the development of symbolic logic, formal semantics as well as with the philosophy of mathematics and the natural sciences.

### Conditions of scientific action

Our team is above all dedicated to the logical and cognitive conditions of knowledge and scientific action. Our teaching intends to convey the philosophical approach of querying propositions and of discursively assessing problems relating to these issues. Emphasis is placed on the philosophy of science, epistemology and methodology as well as on the philosophy of technology in its anthropological dimension. These are aids to considering norms for the assessment of the impacts of technological invention.

### Teaching philosophy

Our workgroup's topics are integrated into the respective areas of study of several degree programmes. They belong to the academic subject Philosophy, which can be chosen as an optional subject in both the Cultural Studies B.A. and the master's degree programme as well as in our teacher training courses. Philosophy is also a supplementary optional subject in the Information Sciences and Mathematics B.A. programmes.

### History of logic, mathematics and computer sciences

One of our core areas of research is the history of logic and studies in the foundations of mathematics. We focus on the deployment of logic into Mathematical Logic and Proof Theory. Here, the emergence of new sub-disciplines of mathematics and theoretical computer science is viewed in the light of interplay processes between philosophy and mathematics.

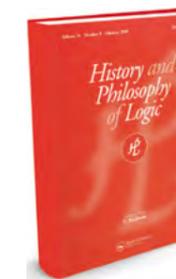
### Formal logic and mathematical practice

Our research concentrates on 19th and early 20th century controversies concerning the role of formal logic, a particular subject of debate among mathematicians. We consider their discussions as the expression of an endeavour to overcome foundational problems that had arisen from mathematical practice. Therefore, revising logic stems from the pragmatic goal of enabling the working mathematician to make unobstructed progress within their special fields of competence. We intend to analyse how this practical background to a new foundation of mathematics relates to its impact on the theoretical

philosophy of mathematics and logic. An important tool here is the publicly accessible bibliographic database for the History of Logic that we are currently compiling in Paderborn.

### Algebraization of logic in a historical perspective

Our studies in philosophy of mathematics and logic are supplemented by historical research on the algebraization of logical method due to the emergence of 19th century symbolic logic. Research is directed towards a gradual conversion of traditional logic into formal calculi, which are supposed to admit automatic processes of logical problem-solving. This indicates an emerging conceptual disjunction of the notions of structure and interpretation.



History and Philosophy of Logic.  
V. Peckhaus (Editor-in-Chief): History and Philosophy of Logic. Taylor & Francis, Milton Park, Oxon.



## Historisch-kritische Neuedition der Logik Immanuel Kants

im Rahmen eines Großvorhabens der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften

Im Rahmen des Großvorhabens Neuedition, Revision und Abschluss der Werke Immanuel Kants der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften arbeitet die Fachgruppe „Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik“ um Professor 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



Monja Reinhart, M.A.  
E-Mail: monja.Reinhart@upb.de

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.

## 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

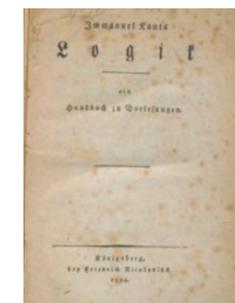
As part of the large-scale project The Collected Works of Immanuel Kant – New Editions, Revisions and Completion of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities, the “Philosophy of Science and Technology” workgroup led by Professor Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical 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 Königsberg colleague Kant (1724 – 1804) was still alive.

Since then, the text also known as Jäsche Logic has been edited numerous times. In 1923, it was included in the division “Published Works” of the so-called Academy Edition. The Academy Edition is a comprehensive edition of the complete writings of Kant, which was published under the name of “Kant's Collected Works” since 1900. This edition is divided into the following sections: “Published Works”, “Correspondence”, “Handwritten Remains”, and “Lecture Courses”. The edition claimed to become an example for future historico-critical editions, even though it was never completed and it is full of sometimes serious problems.

The “Philosophy of Science and Technology” workgroup 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.



Immanuel Kants Logik – ein Handbuch zu Vorlesungen  
Immanuel Kant's logic – a handbook to lectures

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.



Monja Reinhart, M.A.  
E-mail: monja.reinhart@upb.de



>> Der Maler hat das Universum im Kopf und in den Händen. <<

>> The painter has the universe in his mind and hands. <<  
(Leonardo da Vinci)

---

## Désirée Olescher

Dipl. Freie Kunst / B.A.  
Wissenschaftstheorie und Philosophie  
der Technik

---

Mein Name ist Désirée Olescher. Ich lebe in Hamburg – die Stadt, deren Hafen als das „Tor zur Welt“ bezeichnet wird. Die Frage nach einem Zugang zur Welt und damit zur Wirklichkeit ist ein Themenkomplex, der mich seit meiner ersten Annäherung an die Philosophie beschäftigt.

Nach dem Abitur widmete ich mich diesem Sujet zunächst während meines Studiums der Freien Kunst an der Hochschule für Bildende Künste in Braunschweig mit dem Schwerpunkt Bildhauerei. Im Hintergrund meiner Arbeitsprozesse standen u. a. die Fragen: Was ist Wirklichkeit und in welcher Relation stehen wir zu ihr? Was ist Erkenntnis und wo liegen Grenzen? Wie stehen Gedanken und Ideen zu den materiellen Gegenständen, die wir mithilfe verschiedener Techniken hervorbringen? Welchen Status haben diese Gegenstände?

Künstlerische Produkte haben Aussagecharakter, d. h. sie stellen Behauptungen über die Welt auf. Die Philosophie verfügt darüber hinaus über Methoden, um aufgestellte Thesen zu begründen. Aufgrund dieser Tatsache immatrikulierte ich mich im Anschluss an das Kunststudium, welches ich mit dem Diplom abschloss, 2015 an der Universität in Paderborn, um meine Analyse der Wirklichkeit auf philosophischer Ebene fortzuführen. Da die Sprache den Möglichkeitsbedingungen von Argumentation angehört, wählte ich für mein Studium die Fächerkombination Philosophie und Germanistische Sprachwissenschaft. Dieses Studium schloss ich 2021 im Fach Philosophie mit Auszeichnung ab. In meiner Bachelorarbeit analysierte ich die Kategorienkonzeptionen von Immanuel Kant und Nicolai Hartmann. Beide betrachten – von verschiedenen Ausgangspunkten ausgehend – die Konstruktionsbedingungen und -elemente der Wirklichkeit. An diese Thematik anknüpfend nahm ich im Juli 2021 mein Promotionsprojekt auf, welches von Volker Peckhaus betreut wird. In meiner Dissertation untersuche ich die *Strategien zur Begründung von Grundsatz- und Prinzipiensystemen in Varianten des Transzendentalen*. Der Sinn meiner Arbeit besteht in der Analyse der Begründungsmethoden transzendentaler Konzeptionen im Hinblick auf die Frage nach der Möglichkeit einer Letztbegründung. Das Ziel ist die Festlegung allgemeiner Kriterien für Wissenschaftlichkeit durch die Herausarbeitung von Möglichkeitsbedingungen wissenschaftlicher Argumentation. Mein Projekt basiert auf der Vision, fundamentale Elemente des wissenschaftlichen Wissens auszumachen – d. h. Wissen zu fundieren –, um zur philosophischen Grundlagenforschung beizutragen.

---

## Désirée Olescher

Dipl. Freie Kunst / B.A.  
Philosophy of Science and Technology

---

My name is Désirée Olescher and I live in Hamburg – the city whose port is called the “Gate to the World”. The question of access to the world and thus to reality is something I have been engaged in since I first approached philosophy.

After graduating from grammar school, I initially devoted myself to this subject during my studies of fine arts at the Braunschweig University of Art with a focus on sculpture. Fundamental to my working processes, among others, were the questions: What is reality and what is our relation to it? What is knowledge and where are its limits? How do thoughts and ideas relate to the material objects that we create with the help of various techniques? What status do these items have?

Artistic products have the character of statements, i.e. they make claims about the world. Philosophy has methods to justify established theses. Due to this fact, after graduating in art with a diploma, I enrolled at Paderborn University in 2015 in order to continue my analysis of reality on a philosophical level. Since language is one of the necessary conditions for argumentation, I chose the subject combination of philosophy and German linguistics for my two-subject bachelor’s degree. I graduated with honours in philosophy in spring 2021. In my bachelor thesis, I analysed the conceptions of categories by Immanuel Kant and Nicolai Hartmann. Starting from different perspectives, both consider the constructive conditions and elements of reality. Following on from this topic, I started my PhD project in July 2021, supervised by Volker Peckhaus. In my PhD thesis, I examine the *Strategies for justifying Principles and Systems of Principles in Variants of the Transcendental*. The purpose of my work is to analyse methods of construction for transcendental conceptions with regard to the question of the possibility of an ultimate justification. The aim is to define the general criteria for science by working out the possible conditions for scientific argumentation. My project is based on the vision of identifying fundamental elements of scientific knowledge – i.e. to establish knowledge – in order to contribute to basic philosophical research.

---

## 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**



## Secure Software Engineering

Prof. Dr. Eric Bodden

### Publikationen Publications

Fischer, A., Fuhry, B., Kußmaul, J., Janneck, J., Kerschbaum, F., Bodden, E.: Computation on Encrypted Data Using Dataflow Authentication. ACM Transactions on Privacy and Security, 25(3), 1–36.

Krishnamurthy, R., Piskachev, G., Bodden, E.: To what extent can we analyze Kotlin programs using existing Java taint analysis tools?

Nachtigall, M., Schlichtig, M., Bodden, E.: A Large-Scale Study of Usability Criteria Addressed by Static Analysis Tools. Proceedings of the 31st ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis, 532–543.

Piskachev, G., Dziwok, S., Koch, T., Merschjohann, S., Bodden, E.: How far are German companies in improving security through static program analysis tools?

Piskachev, G., Späth, J., Budde, I., Bodden, E.: Fluently specifying taint-flow queries with fluentTQL. Empirical Software Engineering, 27(5), 1–33.

Sayar, I., Bartel, A., Bodden, E., Le Traon, Y.: An In-depth Study of Java Deserialization Remote-Code Execution Exploits and Vulnerabilities. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology.

Schlichtig, M., Sassalla, S., Narasimhan, K., Bodden, E.: FUM - A Framework for API Usage constraint and Misuse Classification. 2022 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER), 673–684.

Schlichtig, M., Wickert, A.-K., Krüger, S., Bodden, E., Mezini, M.: CamBench – Cryptographic API Misuse Detection Tool Benchmark Suite.

Schubert, P., Gazzillo, P., Patterson, Z., Braha, J., Schiebel, F., Hermann, B., Wei, S., Bodden, E.: Static data-flow analysis for software product lines in C. Automated Software Engineering, 29(1), Article 35.

Wickert, A.-K., Baumgärtner, L., Schlichtig, M., Mezini, M.: To Fix or Not to Fix: A Critical Study of Crypto-misuses in the Wild.

### Promotionen PhD Theses

Goran Piskachev

#### Adapting Taint Analyses for Detecting Security Vulnerabilities

Die ersten Anwendungen der statischen Codeanalyse bildeten die Grundlage für Compiler-Optimierungstechniken. Seit den letzten Jahren haben Anwendungen zum Aufspüren von Sicherheitslücken an Aufmerksamkeit gewonnen, vor allem in der Industrie, wo die Sicherheit für die meisten digitalen Unternehmen an Bedeutung gewonnen hat. Damit haben sich die statischen Analysewerkzeuge, die zunächst vor allem für Code-Refactoring und Code-Smell-Erkennung bekannt waren, zu so genannten Static Analysis Security Testing (SAST)- Werkzeugen entwickelt. Viele bestehende SAST-Tools verwenden als Kern eine Taint-Analyse, die so konfiguriert werden kann, dass sie verschiedene Sicherheitslücken erkennt. Frühere empirische Studien über statische Analysewerkzeuge berichteten, dass Benutzer aufgrund einer hohen Anzahl falscher Warnungen, fehlender wichtiger Ergebnisse oder langer Laufzeiten Probleme mit der Benutzerfreundlichkeit haben. Wenn die Benutzer die Werkzeuge richtig konfigurieren, können diese Probleme vermieden werden. Viele Tool-Anbieter ermöglichen die Tool-Konfiguration über die Spezifikation eines benutzerdefinierten Taint-Flows in domänenspezifischen Sprachen. Diese Konfiguration ist jedoch ein manueller Schritt, der hochqualifizierte Benutzer erfordert, die (1) Kenntnisse in statischer Analyse, (2) ein gutes Verständnis des zu analysierenden Zielprogramms und (3) ein solides Verständnis von Sicherheitslücken haben müssen. In der Praxis haben die Benutzer unterschiedliche Hintergründe (Software Entwickler, Softwarearchitekten, Sicherheitsexperten, Manager) und ihnen fehlt mindestens eine dieser Voraussetzungen. Daher laufen die Tools bei ihrer Verwendung meist in ihren Standardkonfigurationen, was zu den bereits erwähnten Problemen mit der Benutzerfreundlichkeit führt und eine geringe Akzeptanz und Beliebtheit bei den Benutzern zur Folge hat.

In dieser Arbeit schlagen wir Methoden und Werkzeuge vor, die die Anpassung der Taint-Analyse an die Zielprogramme (halb-)automatisieren und es einem breiteren Benutzerkreis ermöglichen, die Werkzeuge nach ihren Bedürfnissen zu konfigurieren. Insbesondere konzentrieren wir uns auf Softwareentwickler als

primäre Nutzer sowie auf Sicherheitsingenieure als sekundäre Nutzer. Zunächst führen wir eine empirische Studie durch, um die Bedürfnisse der Benutzer besser zu verstehen, die bereits Erfahrung mit Taint-Analyse oder SAST-Tools im Allgemeinen haben. Unsere Studie bestätigt, dass der Hintergrund der Benutzer unterschiedlich ist, die meisten Benutzer jedoch motiviert sind, mit den SAST-Tools zu interagieren, um sie zu konfigurieren und an das Zielprogramm anzupassen. Auf dieser Grundlage schlagen wir SWAN vor, einen vollautomatischen maschinellen Lernansatz zur Ableitung sicherheitsrelevanter Methoden aus dem Zielprogramm, die für die Spezifikation von Taint-Flows erforderlich sind. Unsere experimentellen Ergebnisse zeigen, dass SWAN eine hohe Präzision und Wiedererkennung für eine Reihe von populären Sicherheitslücken erreicht. Seine Grenzen können durch SWANAssist, einen halbautomatischen Ansatz für aktives maschinelles Lernen, verbessert werden, der das Feedback des Benutzers einbezieht, um die Ergebnisse von SWAN zu verbessern. Schließlich schlagen wir fluentTQL vor, die erste entwicklerorientierte, domänenspezifische Sprache zur Spezifikation von Taint-Flows, um die Taint-Analyse mit neuen Sicherheitsschwachstellen zu konfigurieren. In einer Nutzerstudie hat sich fluentTQL im Vergleich zu einer kommerziellen State-of-the-Art-DSL, CodeQL, als exzellent nutzbar erwiesen. fluentTQL ist unabhängig von der zugrundeliegenden Taint-Analyse und wird als Teil von SecuCheck implementiert, unserem Taint-Analyse-Tool, das in mehreren integrierten Entwicklungsumgebungen läuft. Die erzielten Ergebnisse bringen das Design und den Einsatz von Taint-Analyse-Tools voran. Wir zeigen, dass durch maschinelles Lernen und benutzerzentriertes Design die Anpassung der Werkzeuge für die Endbenutzer verbessert werden kann.

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

#### SANER 2022

15. – 18.03.2022, Honolulu, Hawaii, USA

#### ICSE 2022

08. – 20.05.2022, virtuell  
22. – 27.05.2022, Pittsburg, USA

#### ISSTA 2022

18. – 22.07.2022, virtuell

#### 11th Heinz Nixdorf Symposium

15. – 16.09.2022, Paderborn, Germany

#### Heise devSec

05.10. – 06.10.2022, Heidelberg, Germany

#### Crossing Retreat

02. – 04.11.2022, Rüdeshheim

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- Scout in the Henriette Herz Scouting Program of the Alexander von Humboldt Foundation (2022)

### Weitere Funktionen Additional functions

#### Advisory Boards:

- Scientific Advisor of Sourcebrella Inc., since October 2018

#### Editorships:

- Associate Editor of the ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM), since 2020

- Guest Editor for the Open Continuous Special Section on Security and SE at the ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM), since 2020

#### 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)

#### Program Committee memberships:

- IEEE Secure Development Conference (SecDev), 2022
- Joint meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM-SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE) 2022
- 2022 IEEE Symposium on Security and

Privacy (“Oakland”)

- International Conference on Software Engineering (ICSE) 2022

- International Conference on Automated Software Engineering (ASE), 2022

- IEEE Secure Development Conference (SecDev), 2021

#### 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:

- Reviewer for variety of journals

### Spin-Offs Spin-offes

- CodeShield GmbH

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### DFG-Projekt CROSSING 3 – Kryptographie-basierte Sicherheitslösungen als Grundlage für Vertrauen in heutigen und zukünftigen IT-Systemen (Cryptography-Based Security Solutions: Enabling Trust in New and Next Generation Computing Environments)

Im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereichs 1119, CROSSING, leiten wir das Projekt Secure Integration of Cryptographic Software. Zusammen mit Mira Mezini Software Technology Group erforschen wir Mittel, um Entwicklern bei der sicheren Integration von kryptographischen Bibliotheken zu unterstützen.

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 01.07.2022 – 30.06.2026

#### DFG-Projekt CROSSING - Cryptography-Based Security Solutions: Enabling Trust in New and Next Generation Computing Environments

Im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereichs 1119, CROSSING, leiten wir das Projekt Secure Integration of Cryptographic Software. Zusammen mit Mira Mezini Software Technology Group erforschen wir Mittel, um Entwicklern bei

der sicheren Integration von kryptographischen Bibliotheken zu unterstützen.

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 01.07.2018 – 30.06.2022

#### 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.

Förderung: 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.

Förderung: Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF)

Laufzeit: 15.09.2017 – 15.04.2022

#### 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. 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 Modulari-

sierung der Kernkomponenten.  
*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*  
*Laufzeit: 2018 – 2022*

#### 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.  
*Förderung: BMW*  
*Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2022*

#### Automatisierte Risikoanalyse unter Berücksichtigung von Open-Source-Abhängigkeiten (Hektor)

Dieses Transferprojekt baut auf der Forschung des Sonderforschungsbereichs 901 "On-The-Fly Computing" auf. Es erforscht in Zusammenarbeit mit SAP, wie Techniken aus der Qualitätssicherung von Dienstleistungen in On-The-Fly-Dienstleistungsmärkten auf das drängende Problem des sicheren Managements von Open-Source-Abhängigkeiten in großen Software-Entwicklungsökosystemen angewendet werden können.  
*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*  
*Laufzeit: 01.09.2021 – 31.08.2024*

#### Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- SAP, Deutschland
- Google, USA
- Huawei Inc., Deutschland
- CodeShield GmbH, Deutschland
- Amazon Web Service, Deutschland
- SonarSource, Schweiz

#### Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- Monash University, Australia
- University of Central Florida, Orlando
- University of Texas, Dallas
- University of Trento, Italy
- Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands

## Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

### Publikationen Publications

Anacker, H., Dumitrescu, R., Könemann, U., Wilke, D.: Identification of stakeholder-specific Systems Engineering competencies for industry. Proceedings of the 16th Annual IEEE International Systems Conference. IEEE SysCon 2022, Montreal, Canada.

Anacker, H., Dumitrescu, R., Michels, N., Rasor, R.: EngOps – Ein Leitbild für das agile Zusammenwirken von Engineering und Operations. Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117(6), pp. 405 – 409, 2022.

Anacker, H., Günther, M., Wyrwich, F., Dumitrescu, R.: Pattern based engineering of System of Systems – a systematic literature review. 17th Annual System of Systems Engineering Conference (SOSE), 2022, pp. 178 – 183.

Bansmann, M., Dumitrescu, R., Fechtelpeter, C.: Transfer von Arbeit 4.0-Anwendungsszenarien. In Gestaltung digitalisierter Arbeitswelten. Springer Berlin Heidelberg, 2022.

Brock, J., von Enzberg, S., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Nutzung von Process Mining in RPA-Projekten. In Praxishandbuch Robotic Process Automation (RPA). Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.

Disselkamp, J.-P., Seidenberg, T., Anacker, H., Dumitrescu, R.: Design of an optimised value creation network for zero emission ferries. Proceedings of the IEEE. 28th IEEE ICE/ITMC 31st IAMOT Conference IEEE, Nancy, France, 2022.

Eckertz, D., Anacker, H., Dumitrescu, R.: Knowledge-based Interactive Configuration Tool for Industrial Augmented Reality Systems. Proceedings of the 5th International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT). 5th International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT), New York City, NY, United States, 2022.

Eckertz, D., Anacker, H., Dumitrescu, R.: Systematics for the individual assessment of augmented reality potentials to support product validation. Proceedings of NordDesign 2022.

Förster, M., Kürpick, C., Hobscheidt, D., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Cross-industry methods for strategic planning of the digital transformation

of small and medium sized enterprises. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 322 – 327.

Gabriel, S., Aring, T., Hobscheidt, D., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Handlungsfelder für die KI-Einführung in der Arbeitswelt produzierender Unternehmen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Ed.), Tagungsband des 68. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Press, Sankt Augustin, 2022.

Gabriel, S., Bentler, D., Grote, E.-M., Junker, C., Wendischhoff, D. M. zu, Bansmann, M., Latos, B., Hobscheidt, D., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Requirements analysis for an intelligent workforce planning system: a socio-technical approach to design AI-based systems. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 431 – 436.

Göllner, D., Klausmann, T., Rasor, R., Dumitrescu, R.: Use Case Driven Digital Twin Generation. 2022 IEEE 5th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS).

Göllner, D., Rasor, R., Anacker, H., Dumitrescu, R.: Collaborative Modeling of Interoperable Digital Twins in a SoS Context. Procedia CIRP, 107, 2022, pp. 1089 – 1094.

Hobscheidt, D., Menzefricke, J. S., Gabriel, S., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Soziotechnische Herausforderungen bei der Einführung von RPA managen. In Praxishandbuch Robotic Process Automation (RPA). Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022.

Humpert, L., Röhm, B., Anacker, H., Dumitrescu, R., Anderl, R.: Method for direct end customer integration into the agile product development. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 215 – 220.

Japs, S., Kargl, F., Anacker, H., Dumitrescu, R.: Why make it hard? – Usage of aggregated statistical data for risk assessment of damage scenarios in the context of ISO/SAE 21434. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 293 – 298.

Japs, S., Schmidt, S., Kargl, F., Kaiser, L., Kharatyan, A., Dumitrescu, R.: Collaborative Modeling of Use Case; Damage Scenarios in Online Workshops Using a 3D Environment. Proceedings of the Design Society, 2, 2022, pp. 1599 – 1608.

Joppen, R., Kühn, A., Förster, M., Dumitrescu, R.: Evaluation of Industry 4.0 Applications in Production. Journal of the Knowledge Economy,

2022.

Kharatyan, A., Günther, M., Anacker, H., Japs, S., Dumitrescu, R.: Security- and Safety-Driven Functional Architecture Development Exemplified by Automotive Systems Engineering. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 586 – 591.

Kharatyan, A., Humpert, L., Anacker, H., Dumitrescu, R., Wäschle, M., Albers, A., Horstmeyer, S.: Künstliche Intelligenz im Engineering. Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117(6), 2022, pp. 427 – 431.

Koldewey, C., Dumitrescu, R., Rabe, M.: Introduction to the Data-driven Services in Manufacturing Minitrack – Exploring Management, Engineering, and Organizational Transformation. Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences. 55th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, 2022.

Koldewey, C., Hobscheidt, D., Pierenkemper, C., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Increasing Firm Performance through Industry 4.0 – A Method to Define and Reach Meaningful Goals. Sci, 39(4), 2022.

Koldewey, C., Rasor, A., Reinhold, J., Gausemeier, J., Dumitrescu, R., Chohan, N., Frank, M.: Aligning strategic position, behavior, and structure for smart service businesses in manufacturing. Technological Forecasting and Social Change, Article 121329, 2022.

Mager, T., Jürgehake, C., Dumitrescu, R.: Efficient method for determining substrate parameters of additive manufactured spatial circuit carriers. 2022 14th German Microwave Conference (GeMiC), pp. 224 – 227, 2022.

Merkelbach, S., von Enzberg, S., Kuhn, A., Dumitrescu, R.: Towards a Process Model to Enable Domain Experts to Become Citizen Data Scientists for Industrial Applications. Proceedings of the IEEE. IEEE 5th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS), 2022.

Merkelbach, S., Afroze, L., Janssen, N., von Enzberg, S., Kühn, A., Dumitrescu, R.: Using vibration data to classify conditions in disk stack separators. Vibroengineering PROCEDIA, 46, 2022, pp. 21 – 26.

Meyer, M., Fichtler, T., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: How can Data Analytics Results be Exploited in the Early Phase of Product Development? 13 Design Principles for Data-Driven Product Planning. AMCIS 2022 Proceedings. AMCIS 2022, Minneapolis.

Meyer, M., Fichtler, T., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: Potentials and challenges of analyzing use phase data in product planning of manufacturing companies. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 36, Article e14, 2022.

Meyer, M., Panzner, M., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: 17 Use Cases for Analyzing Use Phase Data in Product Planning of Manufacturing Companies. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 1053–1058.

Meyer, M., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: Planning the Analysis of Use Phase Data in Product Planning. Proceedings of the Design Society, 2, pp. 753–762, 2022.

Meyer, M., Wiederkehr, I., Panzner, M., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: A Reference Process Model for Usage Data-Driven Product Planning. Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 6105–6114, 2022.

Özcan, L., Kirchberg, L., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: Performance Management Approach for Digital Platforms in B2B Markets. In: I. Bitran, L. Bitetti, S. Conn, J. Fishburn, E. Huizingh, M. Torkkeli, J. Yang (Eds.), The Role of Innovation: Past, Present, Future, Athens, 2022.

Özcan, L., Koldewey, C., Duparc, E., van der Valk, H., Otto, B., Dumitrescu, R.: Why do Digital Platforms succeed or fail? – A Literature Review on Success and Failure Factors. 28th Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Minneapolis, 2022.

Panzner, M., Meyer, M., Enzberg, S. von, Dumitrescu, R.: Business-to-Analytics Canvas – Translation of Product Planning-Related Business Use Cases into Concrete Data Analytics Tasks. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 580–585.

Panzner, M., von Enzberg, S., Meyer, M., Dumitrescu, R.: Characterization of Usage Data with the Help of Data Classifications. Journal of the Knowledge Economy, 2022.

Papenkordt, J., Gabriel, S., Thommes, K., Dumitrescu, R.: Künstliche Intelligenz in der industriellen Arbeitswelt – Studie zum Status Quo in der Region OstWestfalenLippe. Kompetenzzentrum Arbeitswelt.Plus, 2022.

Pfeifer, S., Akgül, D., Röbenack, S., Tihlarik, A., Albert, B., Anacker, H., Dumitrescu, R.: Design Decisions in the Architecture Development of Advanced Systems: Towards traceable and sustainable Documentation and Communication. In: N. H. Mortensen, C. T. Hansen, M. Deininger (Eds.), DS 118: Proceedings of NordDesign 2022. The Design Society.

Reinhold, J., Koldewey, C., Dumitrescu, R. (2022): Value Creation Framework and Roles for Smart Services. Procedia CIRP, 109, 2022, pp. 413–418.

Reinhold, J., Siewert, M., Scholtysik, M., Rasor, A., Koldewey, C., Dumitrescu, R.: Software-gestützte Planung der Smart-Service-Transformation. Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117(5), pp. 312–316, 2022.

Wiecher, C., Mandel, C., Günther, M., Fischbach, J., Greenyer, J., Greinert, M., Wolff, C., Dumitrescu, R., Mendez, D., Albers, A.: Model-based Analysis and Specification of Functional Requirements and Tests for Complex Automotive Systems. ArXiv Preprint, 2022.

Wilke, D., Pfeifer, S., Heitmann, R., Anacker, H., Dumitrescu, R., Franke, V. (n.d.): Implementation of Systems Engineering: A maturity-based approach. Proceedings of the IEEE ISSE . 8th IEEE International Symposium on Systems Engineering, Wien, Österreich, 2022.

## Promotionen PhD Theses

Christian Fechtelpeter

### Rahmenwerk zur Gestaltung des Technologietransfers in mittelständisch geprägten Innovationsclustern

Die Digitalisierung eröffnet mittelständischen Unternehmen vielfältige Innovationspotentiale. Zugleich sind die hohe Dynamik des Wandels und die Technologievielfalt zentrale Herausforderungen. Als Lösungsansatz zeichnet sich der Technologietransfer aus der Wissenschaft in die industrielle Praxis ab. Technologien können durch Kooperationen erschlossen und in Markt-

chancen überführt werden. Allerdings können Barrieren den Transfer hemmen. Innovationscluster versprechen ideale Rahmenbedingungen, um Transferprozesse zu beschleunigen und mittelstandsgerecht auszuprägen. Das Ausschöpfen dieser Vorteile setzt jedoch eine Orchestrierung der Transferaktivitäten voraus. Vor diesem Hintergrund wird ein Rahmenwerk zur Gestaltung des Technologietransfers in mittelständisch geprägten Innovationsclustern entwickelt. Grundlage ist die Charakterisierung des Gestaltungsfelds anhand eines Transferkonzepts, das Entwicklungsfelder, Merkmale und Ausprägungsstufen vereint. Anknüpfend daran unterstützt ein Vorgehensmodell die Entwicklung eines Transferkonzepts von der Ist-Analyse hin zu einer Zielposition. Transferprojekte erlauben Unternehmen zielgerichtete Innovationsprünge. Die systematische Projektplanung ist jedoch eine große Herausforderung. Daher werden zusätzlich ein Vorgehen und Hilfsmittel zur Planung bereitgestellt. Im Kern stehen die strukturierte Informationssammlung und die Ableitung einer Umsetzungsstrategie mittels charakteristischer Projekttypen. Die Anwendung des Rahmenwerks erfolgt anhand des Spitzenclusters it's OWL und eines Transferprojekts zur Mechatronisierung einer Ziehbank.

## Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

### Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT)

12. – 13.05.2022, Berlin

### Minitrack „Data-driven Services in Manufacturing: Management, Engineering, and Organizational Transformation“

im Track Decision Analytics and Service Science auf der 55th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) von Dr.-Ing. Christian Koldewey (Heinz Nixdorf Institut), Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu (Heinz Nixdorf Institut und Fraunhofer IEM), Dr.-Ing. Martin Rabe (Fraunhofer IEM) 04. – 07.01.2022

### Minitrack „Service Innovation in Data-Ecosystems“

im Track Data-Ecosystem, in Information Systems auf der 28th Americas Conference on Information Systems (AMCIS) von Dr.-Ing. Christian Koldewey (Heinz Nixdorf Institut), Jun.-Prof. Sofia Schöbel (Universität Osnabrück), Ass.-

Prof. Mayur P. Joshi (University of Manchester), Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu (Heinz Nixdorf Institut und Fraunhofer IEM) 12. – 13.08.2022, Minneapolis, USA

## Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

Best Paper Award auf der IEEE ICE – IAMOT Joint Conference 2022 für das Paper “Cyclical Transformation of Value Creation for Smart Services“ von Jannik Reinhold, Christian Koldewey, Roman Dumitrescu

## Weitere Funktionen

- Direktor am Fraunhofer-Institut für 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 des Verwaltungsrates des RKW Kompetenzzentrum (RKW Rationalisierung- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V.) des Bundeswirtschaftsministeriums
- Mitglied des Lenkungskreises der Initiative Wirtschaft & Arbeit 4.0 der NRW-Landesregierung
- Mitglied des Forschungsbeirats der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.
- Stellv. Vorsitzender des Forschungsbeirats der Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V.
- Fachbeirat der Westfalen Weser Energie GmbH & Co. KG
- Mitglied im Expertenkreis des Innovationsdialogs zwischen Bundesregierung, Wirtschaft und Wissenschaft
- Mitglied in der AG Geschäftsmodellinnovationen der Plattform Lernende Systeme
- Veranstalter des Symposiums für Vorausschau und Technologieplanung (SVT) in Berlin
- Mitglied der Expertengruppe acatech HORI-ZONTE „Advanced Systems Engineering“

## Spin-Offs Spin-off

- Two Pillars GmbH
- AI Marketplace GmbH

## Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

### 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.

Förderung: BMWK

Laufzeit: 01.01.2020 – 30.06.2023

### DigiSouv

#### Graduiertennetzwerk: Digitale Souveränität in der Wirtschaft

Im Doktorandennetzwerk werden Fragestellungen rund um das Thema digitale Souveränität untersucht. Dabei stehen die Gestaltung von Technologie, Organisation und Business am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus im Fokus. Die Fachgruppe Advanced Systems Engineering betrachtet unter anderem die digitale Souveränität beim Einsatz von daten-basierten Verfahren der Vorausschau.

Förderung: VDI iit / Heidenhain Stiftung

Laufzeit: 01.03.2020 – 01.09.2023

### ZuPro – Zukunftsrobuste Produktentwicklung

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.

Förderung: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Laufzeit: 01.10.2020 – 01.10.2023

### Szenarien für die Antriebstechnik

Ziele des Projekts sind ein gemeinsames globales Zukunftsbild für die FVA für das Jahr 2040 und die Befähigung von Mitgliedsunternehmen zur eigenständigen, effizienten Erarbeitung von Szenarien.

Förderung: FVA

Laufzeit: 01.09.2021 – 28.02.2023

### it's OWL – ARISE: Künstliche Intelligenz in der Produktionsplanung und -steuerung

Das Projekt untersucht, wie Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) zur Produktionsplanung und -steuerung angepasst und genutzt werden können. Basierend auf konkreten Anwendungsszenarien, wird eine Methodik für die Spezifikation und Umsetzung von KI in Unternehmen konzipiert und getestet.

Förderung: BMBF

Laufzeit: 01.03.2020 – 28.02.2023

Partner: Fraunhofer IEM (Paderborn) und Josef Schulte GmbH

### FastGate - Intelligentes Monitoring und Management von automatisierten Prozeduren auf dem Flughafen

Das Ziel des Forschungsvorhabens FastGate ist eine radikale Reduktion der Standzeit, der Betriebskosten sowie der CO<sub>2</sub>- und Lärm-Emissionen durch die Automatisierung von Abläufen auf dem Flughafenvorfeld. Das Projekt bildet die vollständige Wertschöpfung von der Entwicklung bis zur Validierung des Gesamtsystems im realen Umfeld am Flughafen ab.

Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Laufzeit: 01.06.2022 – 30.05.2025

### SMART – Reifegradbasierte Transformation zum Smart Service-Anbieter

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Instrumentariums, das Unternehmen anleitet, den Wandel zum Smart Service Anbieter systematisch zu vollziehen. Das Instrumentarium basiert auf einem evidenzbasierten Reifegradmodell zur Adaption des Geschäfts auf Smart Services.

Förderung: BMWK

Laufzeit: 01.07.2022 – 31.03.2023

### inno.venture – Innovationsmanagement mit Hilfe des Venture Client Modells

Ziel des Projekts ist ein Venture Client-Referenzprozess für Cluster sowie ein Instrumentarium, welches Unternehmen dabei unterstützt, die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit Start-ups zu schaffen.

Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Laufzeit: 01.09.2022 – 31.08.2025

**ZirkuPro – Ganzheitlich zirkuläre Produktentstehung für intelligente technische Systeme**

Ziel des Forschungsprojekts ZirkuPro ist eine Systematik zur ganzheitlichen zirkulären Produktentstehung für intelligent technische Systeme.

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

Laufzeit: 01.05.2022 – 30.04.2025

**TuWAs – Transformations-Hub für umformtechnische Wertschöpfungsketten im Antriebsstrang**

Ziel des Projekts ist es, einen Transformations-Hub zu etablieren, der Unternehmen der Massivumformung befähigt, die Herausforderungen disruptiver Megatrends zu bewältigen.

Förderung: BMWK

Laufzeit: 1.11.2022 – 30.06.2025

**URANOS-X – Untersuchung von Anforderungen, Lösungsmustern und Methoden zur Befähigung produzierender Unternehmen für GAIA-X**

Ziel des Projekts ist ein Entwicklungsbaukasten, der insbesondere produzierende Unternehmen und KMU befähigt, GAIA-X Anwendungen zu planen, entwickeln und umzusetzen. Neben den Anwendungen selbst, wird auch das Unternehmen als Anbieter der Leistungen betrachtet. Es wird unterstützt, sich hinsichtlich Technologie, Geschäft, Organisation und Personal zum GAIA-X Unternehmen transformieren.

Förderung: BMBF

Laufzeit: 01.10.2022 – 30.09.2024

**Aktuelle Industriekooperationen****Current industry cooperations**

- Aerosoft GmbH Luftfahrt-Datentechnik (Büren)
- BEULCO GmbH & Co. KG (Attendorn)
- CLAAS (Harsewinkel)
- CONTACT Software (Paderborn)
- CP contech electronic GmbH (Leopoldshöhe)
- Diebold Nixdorf (Paderborn)
- DMG MORI Aktiengesellschaft (Bielefeld)
- Düspohl Maschinenbau GmbH (Schloß Holte-Stukenbrock)
- Flender GmbH (Voerde)
- Flughafen Paderborn/Lippstadt GmbH (Büren)
- Freund Maschinenfabrik GmbH & Co. KG (Paderborn)

- Hella Gutmann Solutions (Ihringen)
- ISTOS GmbH (Düsseldorf)
- Lasco (Coburg)
- Miele (Bielefeld)
- Miele (Gütersloh)
- MIT Moderne Industrie Technik GmbH & Co. KG (Vlotho)
- MSF-Vathauer Antriebstechnik GmbH & Co. KG (Detmold)
- thyssenkrupp Industrial Solutions AG (Essen)
- Two Pillars GmbH (Paderborn)
- Ubermetrics Technologies GmbH (Berlin)
- UNITY AG (Büren)
- VOITH Industrial Services GmbH & Co. KG (Baunatal)
- WAGO (Minden)
- Weidmüller (Detmold)
- Westaflex (Gütersloh)
- ZF Friedrichshafen AG (Friedrichshafen)

**Wissenschaftliche Kooperationen  
Scientific cooperations**

- Assistant Prof. Dr. Mayur P. Joshi, University of Manchester, GB
- Jun.-Prof. Dr. Sofia Marlena Schöbel, Universität Osnabrück
- Prof. Dr. Angelika Bullinger-Hoffmann, Technische Universität Chemnitz
- Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann, Technische Universität Berlin
- Prof. Dr. Josef Oehmen, Technical University of Denmark, Denmark
- Prof. Dr. René Fahr, Universität Paderborn
- Prof. Dr.-Ing. Ansgar Trächtler, Universität Paderborn
- Prof. Dr.-Ing. Michael Marré, Fachhochschule Südwestfalen
- Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf, Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung
- Prof. Dr.-Ing. Volker Stich, Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen
- Prof. Elias G. Carayannis, The George Washington University, Washington, DC, USA
- Univ.-Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Michael Henke, Technische Universität Dortmund & Fraunhofer IML
- Univ.-Prof. Dr. rer. oec. habil. Katharina Hölzle, MBA, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT, Universität Stuttgart, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers,

Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Boris Otto, Technische Universität Dortmund & Fraunhofer ISST

**Behavioral Economic Engineering and Responsible Management**

Prof. Dr. René Fahr

**Behavioral Economic Engineering and Responsible Management**

Prof. Dr. René Fahr

**Publikationen  
Publications**

Hoyer, B., van Straaten, D.: Anonymity and Self-Expression in Online Rating Systems – An Experimental Analysis. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 98, 101869.

**Messen, Tagungen, Seminare  
Fairs, conferences, seminars**

**Fakultätsforschungsworkshop in Melle**  
Poster „Cheating in human machine interaction“, presented by Marius Protte.  
26. – 28.09.2022

**Jahrestagung des sozialwissenschaftlichen Ausschusses**  
Teilnahme Prof. Dr. René Fahr, Dr. Behnud Mir Djawadi  
05. – 07.05.2022

**Annual Meeting – Academy of Management Conference 2022**  
Paper: Jacob, E.A.; Plaß, S. (2022) “Do We Need ‘Corporate Digital Responsibility’? – How Digitalization Is Changing Our Understanding of Corporate Social Responsibility.” In Submission. Presented by Sabrina Plaß  
04. – 10.08.2022, virtuelle Konferenz

**Behavioural Environmental Economics Course & Workshop**  
Mir Djawadi, B., Plaß, S. & Schaefers, S. (2022) “I Don’t Want to Be Disliked: How the Potential of Being Ostracized Reduces the Effectiveness of Whistleblowing Policies.” Working Paper presented by Sabrina Plaß.  
Mir Djawadi, B. & Schaefers, S. “Whistleblowing despite personal costs: The role of moral personality in costly whistleblowing behaviour”. Working Paper presented by Sabrina Schäfers.  
28.11 – 7.12.2022, virtueller Workshop

**Konferenz der Society for the Advancement of Behavioral Economics (SABE)**  
“Dishonesty of Parents and Children - Evidence from a Field Experiment”, presented by Dr. Behnud Mir Djawadi, in Lake Tahoe (USA)  
8 – 11.08.2022

**Konferenz der Gesellschaft für experimentelle Wirtschaftsforschung (GfeW)**  
“Dishonesty of Parents and Children – Evidence from a Field Experiment”, presented by Dr.

Behnud Mir Djawadi, in Salzburg (Österreich)  
21 – 23.09.2022

**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 Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Corporate Governance, Fachgruppe Behavioral Economic Engineering and Responsible Management an der Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Institut
- 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 Economics (SABE)
- Gutachter für verschiedene Fachzeitschriften

**Aktuelle Forschungsprojekte  
Current research projects**

**Inno.venture: Mit dem Venture Client Modell zur Innovation**  
Einführung, Anpassung und Erprobung des Venture Client Modells in etablierten Unternehmen für eine erfolgsversprechende Kooperation mit Start-ups.  
Förderung: Projektträger Jülich, Forschungszentrum Jülich GmbH  
Laufzeit: 01.09.2022 – 31.08.2025

**Die Ehrlichkeit von Erwachsenen und Kindern: ein Feldexperiment**  
Ehrlichkeit ist nicht nur in der Gesellschaft, sondern auch für wirtschaftliche Belange von

großer Bedeutung. Mithilfe eines Würfelde-signs zeigt Dr. Mir Djawadi, dass kinderlose Erwachsene unehrlicher als Eltern sind. Deren Kinder täuschen jedoch sehr intensiv, um ihr favorisiertes Spielzeug zu erhalten. Der Hang zur Täuschung wird reduziert, wenn die Eltern bei der Entscheidung des Kindes anwesend sind.

**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.  
Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
Laufzeit: 01.07.2019 – 30.06.2023

**FastGate – Intelligentes Monitoring und Management von automatisierten Prozeduren auf dem Flugfeld**

Das Forschungsprojekt gliedert sich in den Wandel zu einer grüneren Luftfahrt ein. Mit automatisierten, autonomen Systemen auf dem Vorfeld sollen Standzeiten reduziert und Co2-sowie Lärm-Emissionen gespart werden. Die Fachgruppe BEE erforscht im Projekt Fragen der Technologieakzeptanz.  
Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen  
Laufzeit: 01.06.2022. – 01.06.2025

**Weiterbildung4.OWL – Intermediation von Weiterbildung und Digitale Transformation als Herausforderungen für Bildungs-Ökosysteme am Beispiel des Weiterbildungsraums it’s OWL**  
Im Zuge der Transferstrategie der Universität prüft die Fachgruppe BEE in diesem Verbundprojekt, inwieweit sich die Universität als Anbieter von digitaler, berufs begleitender Weiterbildung im Bildungsökosystem positionieren kann.  
Förderung: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Laufzeit: 06.09.2021 – 31.08.2024

**Aktuelle Industriekooperationen****Current industry cooperations**

- Stiftung Gemeinwohlökonomie NRW: Zusammenarbeit im Seminar "Angewandte Gemeinwohl-Ökonomie (GWÖ)"
- Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
- Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM
- dSPACE GmbH
- Miele & Cie. KG
- WAGO GmbH & Co. KG
- Kreis Paderborn
- Flughafen Paderborn/Lippstadt GmbH
- Aerosoft GmbH Luftfahrt-Datentechnik

**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

**Produktentstehung**

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

**Publikationen****Publications**

- Gräßler, I., Grewe, B., Kramer, H.: Supporting Business Model Generation with Augmented Reality. LUT Scientific and Expertise Publications. 33. ISPIM Innovation Conference "Innovating in a Digital World," Copenhagen.
- Gräßler, I., Hesse, P.: Approach to Sustainability-Based Assessment of Solution Alternatives in Early Stages of Product Engineering. Proceedings of the Design Society, 2, 1001–1010.
- Gräßler, I., Hieb, M. &, Roesmann, D.: Gestaltung einer Forschungsinfrastruktur für die Anwendung digitaler Werkzeuge in Cyber-Physischen Produktionssystemen, vorgestellt auf der VDI Automation 2022 in Baden-Baden
- Gräßler, I., Hieb, M., Roesmann, D. & Unverzagt, M.: Creating Synthetic Training Data for Machine Vision Quality Gates, vorgestellt auf der BVAu – Bildverarbeitung in der Automation in Lemgo 2022
- Gräßler, I., Koch, A.-S.: Evaluation Criteria in Product Idea Selection Decisions. XXXIII Proceedings of the ISPIM Innovation Conference. XXXIII ISPIM Innovation Conference "Innovating in a Digital World," Copenhagen, Denmark.
- Gräßler, I., Oleff, C., Hieb, M., Preuß, D.: Automated Requirement Dependency Analysis for Complex Technical Systems. Proceedings of the Design Society, 2, 1865–1874.
- Gräßler, I., Oleff, C., Preuß, D.: Proactive Management of Requirement Changes in the Development of Complex Technical Systems. Applied Sciences, 12(4), Article 1874.
- Gräßler, I., Oleff, C.: Systems Engineering – Verstehen und industriell umsetzen, Springer Verlag, Berlin, 2022
- Gräßler, I., Pottebaum, J.: From Agile Strategic Foresight to Sustainable Mechatronic and Cyber-Physical Systems in Circular Economies. In D. Krause; E. Heyden (Eds.), Design Methodology for Future Products. Springer.
- Gräßler, I., Preuß, D., Brandt, L., Mohr, M.: Efficient Extraction of Technical Requirements Applying Data Augmentation, Proceedings of 8th IEEE International Symposium on Systems

Engineering 2022, Wien.

Gräßler, I., Preuß, D., Pottebaum, J.: Extrahierung von Anforderungen aus natürlichsprachlichen Lastenheften: Was erschwert eine KI-basierte Extrahierung? Softwaretechnik-Trends, 42(1), 15–16.

Gräßler, I., Roesmann, D., Hillebrand, S., Pottebaum, J.: "Information Model for Hybrid Prototyping in Design Reviews of Assembly Stations," in Procedia CIRP ICME, Gulf of Naples, 2022, vol. 112, pp. 489–494

Gräßler, I., Roesmann, D., Pottebaum, J., Corves, B., Mandischer, N., Gürtler, M.: "Mensch-Tracking zur Identifizierung des Vorschreitens von Roboterunterstützten Rettungseinsätzen der Feuerwehr," in Tagungsband der VDI Mechatronik 2022, Darmstadt, 2022, pp. 151–156

Gräßler, I., Roesmann, D.: "Menschenzentrierte Montageplanung und -steuerung durch fähigkeitsorientierte Aufgabenzuordnung," presented at the Data Society. Opportunity – Innovation – Responsibility, Paderborn.

Gräßler, I., Thiele, H., Grewe, B., Hieb, M.: Responsibility Assignment in Systems Engineering. Proceedings of the Design Society, 2, 1875–1884.

Gräßler, I., Tusek, A. M., Thiele, H., Preuß, D., Grewe, B., Hieb, M.: Literature study on the potential of Artificial Intelligence in Scenario-Technique. XXXIII ISPIM Innovation Conference Proceedings. XXXIII ISPIM Innovation Conference "Innovating in a Digital World," Copenhagen, Denmark.

Gräßler, I., Wiechel, D., Koch, A.-S., Preuß, D., Oleff, C.: Model-Based Effect-Chain Analysis for Complex Systems. Proceedings of the Design Society, 2, 1885–1894.

Gräßler, I., Wiechel, D., Oleff, C.: Extended RFLP for complex technical systems. 8th IEEE International Symposium on Systems Engineering, Wien.

Gräßler, I., Wiechel, D., Thiele, H.: Fortschrittskontrolle der Modellierung mechatronischer Produkte. In T. Bertram, B. Corves, K. Janschek, S. Rinderknecht; Verein Deutschen Ingenieure (Eds.), Tagungsband der Fachtagung VDI-Mechatronik (Vol. 15). TU Darmstadt.

**Product Creation**

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

Menninger, B., Wiechel, D., Rackow, S., Höpfner, G., Oleff, C., Berroth, J., Gräßler, I., Jacobs, G.: Modeling and analysis of functional variance of complex technical systems. DS 119: Proceedings of the 33rd Symposium Design for X (D).

Oleff C. Proaktives Management von Anforderungsänderungen in der Entwicklung komplexer technischer Systeme. Vol 406., 2022.

**Promotionen****PhD Theses**

Christian Oleff

**Proaktives Management von Anforderungsänderungen in der Entwicklung komplexer technischer Systeme**

Anforderungsänderungen sind ein wesentlicher Grund für Ineffizienzen und Projektfehlschläge in der Entwicklung komplexer technischer Systeme. Proaktives Management von Anforderungsänderungen hat das Potenzial, den Umgang mit Anforderungsänderungen effizienter zu gestalten. Dafür ist ein systematischer Ansatz erforderlich, der eine ganzheitliche Bewertung und Handhabung des Änderungsrisikos im industriellen Entwicklungskontext ermöglicht. Im Rahmen dieser Dissertation wird mit der ProMaRC-Methodik ein neuartiger Ansatz für das proaktive Management von Anforderungsänderungen vorgestellt. Die Methodik wurde in enger Zusammenarbeit mit Industrieanwendern aus der Automobilindustrie entwickelt und anhand von fünf Fallstudien validiert. Mittels automatisierter Abhängigkeitsanalyse auf Grundlage künstlicher Intelligenz wird der Anwendungsaufwand gegenüber bestehenden Ansätzen reduziert. Die teilautomatisierte Bewertung und Handhabung der Änderungswahrscheinlichkeit und -auswirkung erfolgt anhand eines modifizierten PageRank-Algorithmus und umfasst erstmalig alle für die Risikoanalyse relevanten Einflussfaktoren. Die Validierung belegt, dass durch die ProMaRC-Methodik eine überzeugende Kombination aus praxistauglichem Anwendungsaufwand und Vollständigkeit der Analyse erzielt wird. Damit erschließt diese Dissertation das bisher kaum beachtete Forschungsfeld des proaktiven Managements von Anforderungsänderungen und fördert eine effizientere Produktentwicklung.

Alexander Poehler

#### Automatisierte dezentrale Produktionssteuerung für cyber-physische Produktionssysteme mit digitaler Repräsentation der Beschäftigten

In dieser Arbeit wird die Entwicklung einer dezentralen Produktionssteuerung mit digitaler Repräsentation zur Anwendung in cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS) beschrieben. Die dezentrale Produktionssteuerung geschieht hierbei selbstorganisiert, da sie die Einlastung und Umplanung von Aufträgen sowie die Koordination zwischen den einzelnen Produktionselementen selbstständig übernimmt. Dies erlaubt die automatisierte Steuerung von CPPS. Dabei spielen die Beschäftigten in dieser Betrachtung eine wesentliche Rolle. Ihre Bedürfnisse und Wünsche werden von dem Steuerungssystem berücksichtigt. Dafür wurde das Konzept der digitalen Repräsentation von Beschäftigten entwickelt. Diese Repräsentation erlaubt den individuellen Eingriff von Beschäftigten bei Entscheidungen von dem Steuerungssystem.

Das automatisierte dezentrale Steuerungssystem wurde in einer Laborumgebung, die zu einem CPPS umgebaut wurde, implementiert. Darauf basierend wurde eine zweistufige Validierung durchgeführt. Ein Teil der Validierung findet durch eine reale Umsetzung in einem Labor statt, bei der ein Vergleich zu dem vorher im Labor eingesetzten zentralen Produktionssteuerungssystem gezogen wird. Die zweite Validierung erfolgt mit Hilfe einer Simulationsumgebung. Dabei konnte die Implementierung der Selbstorganisation und eine Steigerung der Liefertreue der dezentralen Produktionssteuerung gegenüber heutzutage üblicherweise eingesetzten Verfahren nachgewiesen werden.

#### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

##### VDI Mechatronik 2022 (Technische Universität Darmstadt)

23. – 24.03.2022, Darmstadt

##### WiGeP Frühlingstagung 2022 (TU Graz)

18. – 20.05.2022, Graz

##### Software-Campus Summit 2022

19. – 20.05.2022, Nürnberg

##### 17th International Design Conference (Kroatien)

23. – 26.05.2022, virtuelle Konferenz

##### ISPIM Innovation Conference 2022

05. – 08.06.2022, Kopenhagen

##### VDI-Automation 2022

27. – 29.06.2022, Baden-Baden

##### Ideen Expo22

01. – 10.07.2022, Hannover

##### DMRC Hochschulmesse

11.07.2022, Paderborn

##### HNI Symposium (Heinz Nixdorf MuseumsForum)

15. – 16.09.2022, Paderborn

##### Data Society. Chancen – Innovationen – Verantwortung (Universität Paderborn / Heinz Nixdorf MuseumsForum)

20. – 22.09.2022, Paderborn

##### WiGeP Herbsttagung 2022

28. – 29.09.2022, Bayreuth

##### Nachts im Maschinenbau (Universität Paderborn / Heinz Nixdorf MuseumsForum)

29.09.2022, Paderborn

##### Vision22 und Motek22

05. – 06.10.2022, Stuttgart

##### IEEE International Symposium on Systems Engineering

24. – 26.10.2022, Wien

##### BVAU 2022

02.11.2022, Lemgo

##### Gemeinsame WGP / WiGeP-Tagung „Produktentstehung zusammen neu denken – nachhaltig, ressourcenlimitiert und menschenzentriert“

10. – 11.11.2022, Kassel

##### Berliner Requirements Engineering Symposium

17.11.2022, Berlin

##### Patente, Preise, Auszeichnungen

##### Patents, prizes, awards

- Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler wurde zur Vorsitzenden des VDI GMA Fachbereich 3 „Digitalisierung und Virtualisierung“ gewählt.

##### Weitere Funktionen

##### Additional functions

- Gutachterin für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Gutachterin für die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)
- 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 Fachausschuss 01 (Maschinenbau und Verfahrenstechnik) der ASIIN (Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, Informatik, Naturwissenschaften und Mathematik)
- Mitglied der WiGeP – Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung
- Mitglied des Advisory Boards der Design Society
- Vorstand des wissenschaftlichen Beirats der VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
- Vorsitzende des VDI/VDE-GMA Fachbereichs 7 „Digitale Transformation“
- Vorsitzende des VDI GMA Fachbereich 3 „Digitalisierung und Virtualisierung“
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und Produkt- und Prozessgestaltung (GPP) Gemeinschaftsausschuss 7.02 „Systemhaus“ (Gründung und Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.10 „Interdisziplinäre Produktentstehung“ (Gründung und Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.10 „Strategische Planung und Entwicklung hybrider Leistungsbündel“ (Gründung und Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.15 „Mechatronik“
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.23 „Businessmodelle für Industrie 4.0“
- Mitglied des Scientific and Technological Advisory Board (STAB) des Linz Center of Mechatronics GmbH
- Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats für das Anwendungszentrum Industrie 4.0

Potsdam

- Aufsichtsratsvorsitzende der paragon GmbH & Co. KGaA
- 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
- Prüfungsausschussvorsitzende Wirtschaftsingenieurwesen
- Stv. Mitglied im Tenure Board der Universität Paderborn
- Jurymitglied TH Köln Wissenschaftspreis: Forschungspreis, Transferpreis, Promotionspreis
- Programmausschuss VDI-Kongress Automation – Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik
- Programmausschuss VDI/VDE Mechatroniktagung
- Scientific Advisory Board International DESIGN Conference
- Scientific Committee of International Conference on Engineering Design (ICED)
- Scientific Committee of International Conference on Production Engineering Management (PEM)
- Programme Committee der European Concurrent Engineering Conference (ECEC)
- International Programme Committee of SciFi-It – The International Science Fiction Prototyping Conference
- Technical Program Committee member for IEEE System of Systems Engineering Conference (SoSE)
- Gutachterin für die Zeitschrift „Konstruktion“, VDI
- Gutachterin für das internationale Journal „Applied Sciences“, MDPI
- Gutachterin für das internationale Journal „Virtual Reality“, Springer

##### Spin-Offs

##### Spin-offss

- assemblean GmbH

##### Aktuelle Forschungsprojekte

##### Current research projects

##### BIKINI – Bionik und KI für nachhaltige Integration von Produktentwicklung für einen ressourceneffizienten Leichtbau

Im Verbund-Projekt arbeiten Wissenschaftler der Universität Paderborn mit Partnern aus Forschung und Praxis an einer Lösung, um Nachhaltigkeit entlang der vollständigen Prozesskette sowie über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts zu ermöglichen.

Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Laufzeit: 01.07.2021 – 30.06.2024

##### ImPaKT – IKT-befähigte modellbasierte Auswertungsanalyse in der Produktentwicklung

Im Verbund-Projekt arbeitet ein Forschungskonsortium aus universitären Partnern, IT-Partnern und Anwendungspartnern an einer Lösung, um Auswirkungen technischer Änderungsbedarfe bei der Entwicklung interdisziplinärer Gesamtsysteme modellbasiert zu analysieren und Entwickler bei der Bewertung der Auswirkungen zu unterstützen.

Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Laufzeit: 01.01.2021 – 31.12.2023

##### Forschungskolleg Leicht – Effizient – Mobil, Komplexitätsmanagement für den Leichtbau mit Hybridsystemen

Strategische Planung innovativer Leichtbaukonzepte; Systematischer Ressourceneinsatz zur Verbesserung der End-of-Life Strategien

Förderung: 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

Förderung: MKW des Landes Nordrhein-Westfalen

Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022

##### assemblean

Entwicklung einer flexiblen Produktionsplattform, auf der Produkte komplett geplant und eingerichtet werden können.

Förderung: EXIST Forschungstransfer

Laufzeit: 01.04.2020 – 31.03.2022

##### Vitamine\_5G – Virtual reality environment for Additive Manufacturing Enabled by 5G

Im Verbund-Projekt arbeiten Wissenschaftlicher\*innen des Heinz Nixdorf Instituts in einem Forschungskonsortium aus universitären Partnern und IT-Partnern an neuartigen Interaktionsformen zur Kontrolle und Überwachung von schwer zugänglichen Fertigungsprozessen durch deren Übertragung in die Virtuelle Realität. Die Übertragung der Daten wird durch 5G erstmals ermöglicht.

Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Laufzeit: 01.07.2022 – 31.06.2024

##### LernCoBot – Digitales Lernen im virtuellen Raum am Beispiel von CoBots

Innerhalb des Hochschulprojekts erforschen Wissenschaftlicher\*innen des Heinz Nixdorf Instituts den Einsatz von virtuellen Lernumgebungen und der Schnittstelle zum Lernmanagementsystem am Beispiel der Robotersteuerung sowie der Jobvorbereitung von Additive Manufacturing-Prozessen.

Förderung: Universität Paderborn

Laufzeit: 01.12.2021 – 31.12.2022

##### SusAM - Sustainability of Additive Manufacturing

Im Forschungsprojekt Sustainability of Additive Manufacturing forscht die Fachgruppe "Produktentstehung" gemeinsam mit Industriepartnern des Direct Manufacturing Research Centers an der Nachhaltigkeit von Additive Manufacturing-Prozessen. Ziel des Projekts ist es, ökologische und ökonomische Datenlücken zu identifizieren und die Datenqualität des SLS- und FDM-Produktionsprozesses zu bewerten.

Förderung: Direct Manufacturing Research Center

Laufzeit: 01.04.2022 – 31.10.2022

##### Mittelstand Innovativ & Digital: Modulares Mischsystem für die Lebensmittel- und Chemieindustrie

Die Fachgruppe "Produktentstehung" hat für das Unternehmen Glass GmbH & Co. KG ein Modularisierungskonzept entwickelt, welches eine zeit- und kostenreduzierte Konfiguration von Mischsystemen ermöglicht. Außendienstmitarbeiter\*innen sind dadurch in der Lage, die Auswahl aus 3.800 möglichen Konfigurationen zielgerichtet für jeden Kunden zu treffen, sich in

einem 3D-Modell anzuschauen und automatisiert eine technische Zeichnung zu erzeugen. Vorstellungen auf den Messen Anuga FoodTec 2022 und IFFA 2022 haben bereits erfolgreich stattgefunden.

*Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE NRW)*

*Laufzeit: 01.08.21-31.10.2022*

#### Mittelstand Innovativ & Digital: Digitale Assistenz im Spritzgießprozess

Innerhalb des Innovationsgutscheins des Landes Nordrhein-Westfalen hat die Fachgruppe "Produktentstehung" für das Unternehmen Hadi-Plast GmbH & Co. KG eine digitale Assistenz zur Unterstützung des Spritzgießprozesses entwickelt. Diese ermöglicht eine dezentrale und intuitive Unterstützung des Maschinenbedieners bei der Beseitigung akuter Störungen im Spritzgießprozess.

*Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE NRW)*

*Laufzeit: 01.07.21-30.09.2022*

#### Aktuelle Industriekooperationen

##### Current industry cooperations

- 3DSE Management Consultants GmbH
- 4D Concept
- Additive Marking GmbH
- Alfred-Wegener-Institut
- assemblean GmbH
- Atos Deutschland
- BST eltomat International
- CLAAS Industrietechnik GmbH
- CONTACT Software
- EDAG Group
- Eisengiesserei Baumgarte GmbH
- Glass GmbH & Co.KG
- H. Butting GmbH & Co. KG
- Hadi-Plast GmbH & Co.KG
- Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG
- IAV GmbH
- itemis AG
- Knapheide GmbH Hydraulik-Systeme
- Krause DiMaTec GmbH
- paragon GmbH & Co. KGaA
- PROSTEP AG
- RHaug GmbH
- Schaeffler-Gruppe

## Nachrichtentechnik

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Häb-Umbach

### Publikationen

#### Publications

Affi, H., Karl, H., Gburrek, T., Schmalenstroerer, J.: Data-driven Time Synchronization in Wireless Multimedia Networks. In: 2022 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC), IEEE, 2022.

Boeddeker, C., Cord-Landwehr, T., von Neumann, T., Haeb-Umbach, R.: An Initialization Scheme for Meeting Separation with Spatial Mixture Models. In: Interspeech 2022, ISCA, 2022.

Cord-Landwehr, T., Boeddeker, C., von Neumann, T., Zorila, C., Doddipatla, R., Haeb-Umbach, R.: Monaural source separation: From anechoic to reverberant environments. In: 2022 International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC), IEEE, 2022.

Gburrek, T., Boeddeker, C., von Neumann, T., Cord-Landwehr, T., Schmalenstroerer, J., Haeb-Umbach, R.: A Meeting Transcription System for an Ad-Hoc Acoustic Sensor Network. arXiv preprint arXiv:2205.00944, 2022.

Gburrek, T., Schmalenstroerer, J., Haeb-Umbach, R.: On Synchronization of Wireless Acoustic Sensor Networks in the Presence of Time-Varying Sampling Rate Offsets and Speaker Changes. In: ICASSP 2022 – 2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 2022.

Gburrek, T., Schmalenstroerer, J., Heitkaemper, J., Haeb-Umbach, R.: Informed vs. Blind Beamforming in Ad-Hoc Acoustic Sensor Networks for Meeting Transcription. In: 2022 International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC), IEEE, 2022.

Grimm, C., Fei, T., Warsitz, E., Farhoud, R., Breddermann, T., Haeb-Umbach, R.: Warping of Radar Data Into Camera Image for Cross-Modal Supervision in Automotive Applications. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 71(9). pp. 9435 – 9449.

Heitkaemper, J., Schmalenstroerer, J., Haeb-Umbach, R.: Neural Network Based Carrier Frequency Offset Estimation From Speech Transmitted Over High Frequency Channels. In: Proceedings of the 30th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2022.

Kinoshita, K., von Neumann, T., Delcroix, M., Boeddeker, C., Haeb-Umbach, R.: Utterance-by-utterance overlap-aware neural diarization with Graph-PIT. In: Proc. Interspeech 2022, ISCA, 2022, pp. 1486 – 1490.

von Neumann, T., Kinoshita, K., Boeddeker, C., Delcroix, M., Haeb-Umbach, R.: SA-SDR: A Novel Loss Function for Separation of Meeting Style Data. In: ICASSP 2022 – 2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE, 2022.

Wiechmann, J., Glarner, T., Rautenberg, F., Wagner, P., Haeb-Umbach, R.: Technically enabled explaining of voice characteristics. 18. Tagung Phonetik und Phonologie im deutschsprachigen Raum, Bielefeld, 2022.

Zhang, W., Chang, X., Boeddeker, C., Nakatani, T., Watanabe, S., Qian, Y.: End-to-End Dereverberation, Beamforming, and Speech Recognition in A Cocktail Party in IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. 30, pp. 3173 – 3188, 2022, doi: 10.1109/TASLP.2022.3209942 (2022).

### Promotionen

#### PhD Theses

Jens Heitkaemper

#### Improving the Listening Experience for SSB-Modulated HF Transmissions Using Neural Networks

To this day, analog high frequency radio transmissions play a pivotal role in some vital sectors of our society, such as marine, aviation and police communications. However, the listening experience for such recordings is limited due to the highly distorted transmission channel and the dependency on accurate carrier frequency generation. In this thesis, neural network-based solutions to three of the main causes of poor listening quality are presented, using single-sideband modulated speech signals as an example of high frequency analog radio communication. First, a reliable speech activity estimation is presented to avoid the strenuous task of tracking the inactive, noisy high frequency channel. The developed architecture, which to this day achieves the best published results on the public Fearless Steps data, is shown to outperform comparable activity estimators. As a second challenge, a frequency shift in the recorded signal due to a mismatch between

## Communications Engineering

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Häb-Umbach

the modulation and demodulation frequency is identified. This is a challenge specific to analog transmission systems, which can lead to a highly reduced quality and intelligibility of the recorded speech signal. Here, two network architectures are designed and compared to a state-of-the-art statistical estimator. Third, a source separation network is adapted to extract the speech signal from the noisy recording, which leads to an improvement of more than 20 % in the speech intelligibility metric STOI. The models for the different tasks are combined into one system to improve the signal quality and intelligibility at the receiver in a single step. For all combinations of the presented models a large gain in both intelligibility and speech quality is reported.

Oliver Walter

#### Discovering structure in speech recordings: Unsupervised learning of word and phoneme like units for automatic speech recognition

Diese Arbeit untersucht und stellt Methoden zum automatischen Lernen von Transkriptionen allein aus Audioaufzeichnungen vor. Dabei werden Algorithmen zum Erlernen von Phonemen, den kleinsten Einheiten der Sprache, und Worten, vorgestellt. Diese Methoden können zum automatischen Training eines Spracherkenners aus nicht annotierten Daten verwendet werden. Diese Arbeit untersucht die Methoden zum Erlernen von Phonemen und Worten jeweils separat. Der Hauptfokus dieser Arbeit liegt auf dem unüberwachten Lernen von Worten in hierarchischen Modellen, bestehend aus Phonem- und Worttranskriptionen. Drei oft verwendete Verfahren werden untersucht, zum einen heuristische Methoden und zum anderen zwei Varianten statistischer modellbasierter Verfahren. Die erste Variante basiert auf einem probabilistischen Aussprachelexikon, während das zweite Verfahren auf der Segmentierung von Wortgittern beruht. Schließlich wird ein vollständig unüberwachtes System aus einer Kombination von unüberwachtem Phonemlernen und unüberwachter Wortsegmentierung präsentiert.

#### Messen, Tagungen, Seminare

##### Fairs, conferences, seminars

#### Ko-Organisation des "Workshop on Signal Processing and Machine Learning for Spatially Distributed Microphones"

(zusammen mit Toon van Waterschoot, KU Leuven)

05.09.2022, Bamberg

**Patente, Preise, Auszeichnungen****Patents, prizes, awards**

- Janek Ebbers gewann die DCASE 2022 Challenge Task 4 "Sound event detection in domestic environments"
- Tobias Cord-Landwehr wurde mit dem Best Student Paper Award auf dem International Workshop on Acoustic Signal Enhancement (IWAENC) 2022 ausgezeichnet
- Dr. Jahn Heymann wurde dem VDE NRW Promotionspreis 2022 ausgezeichnet

**Weitere Funktionen****Additional functions**

- Ernennung vom ISCA Board zum "ISCA Distinguished Lecturer für 2021-2023"
- Mitglied des Audio and Acoustics Signal Processing Technical Committee der IEEE Signal Processing Society
- Sprecher des ITG Fachbereichs Audiotechnik, AT3 "Sprachkommunikation"
- Sprecher der DFG Forschungsgruppe "Akustische Sensornetze"

**Aktuelle Forschungsprojekte****Current research projects****Forschungsgruppe Akustische Sensornetze**

This Research Unit investigates solutions and limitations for acoustic signal processing and classification over acoustic sensor networks. We aim to tackle current shortcomings and to develop a common platform which will make ASNs more adaptive to the variability of acoustic environments and sensor configurations, less dependent on supervision, and at the same time more trustworthy for the users. This will pave the way for a new class of applications that combine advanced acoustic signal processing with semantic analysis of audio. The project objectives will be achieved by adopting a three-layer approach treating communication and synchronization aspects on the lower layer, signal extraction and enhancement on the middle layer, and acoustic scene classification and interpretation on the upper layer. To carry out those tasks we will blend advanced statistical signal processing with machine learning techniques. Our project will pioneer a generic, versatile framework for wireless acoustic sensor networks. This framework supports several classes of acoustic applications, both state-of-

the-art and emerging ones.

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2017–2023*

**Sound Recognition with Limited Supervision over Sensor Networks**

A mismatch between training and test data statistics can result in a significant degradation of performance of machine learning systems. For sound recognition in acoustic sensor networks (ASNs) this is a significant issue because of the huge number and variability of sounds and acoustic environments, and because of the large variety of sensor locations and geometric configurations one can encounter. Therefore, existing databases for sound recognition will almost never be a perfect fit to any concrete target application in acoustic sensor networks. The main objective of this project is to devise techniques for making use of available resources for the development of high-performance acoustic event and scene classifiers for a specific target application in an ASN. Those available resources are on one hand weakly labeled data (data annotated only with the event class, but not with temporal on/offset information), which stem from a different domain than the target domain for which an application is to be developed. On the other hand we assume availability of lots of unlabeled audio recordings from the target domain. We will develop techniques to compute strong labels (event category plus on/offset times), to compute domain-invariant features, and to carry out domain adaptation. The main methodology applied will be deep generative models.

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2017–2023*

**Distributed Acoustic Signal Processing over Wireless Sensor Networks**

We consider an acoustic sensor network, where different applications, such as source separation and extraction, should be executed. A straightforward solution might be to transport all data to a gateway node and process it there. This is, however, not necessarily the best solution (data rate bottlenecks, large latency for big acoustic data). We hence look at scenarios (inspired by trends like microservices or network function virtualization) where the acoustic signal processing chain can be broken down into individual blocks and distributed onto the nodes of the sensor network.

Further, we will look at hardware aspects (in particular, full-duplex audio), how to leverage such hardware for synchronization in MAC protocols and the estimation of acoustic round-trip times. This will allow us to estimate and calibrate scenario geometries in static and dynamic environments. Taking into account utility information about acoustic sources derived by partner projects, we consider which sources to select from both an acoustic and a networking perspective. Finally, a key question is going to be how to handle the networking aspects of dynamic scenarios, where dynamics comes from either uncontrolled or controlled (e.g., robot-based) mobility of devices or environment.

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2017–2023*

**Lernen tiefer Sprachrepräsentationen für die Phonetikforschung**

The speech signal is a rich source of information that conveys not only linguistic but also extra/para-linguistic information, such as the speaker's identity, gender, emotional state, age, or the social status. However, those traits are hidden in complex, non-transparent variations of the speech signal, and mostly obscure to speech research. With recent progress in speech synthesis and voice conversion caused by the advent of deep learning, we argue that synthesized speech can become a valuable tool for research in phonetics. The overarching goal of this project is thus to explore the potential of deep generative modeling of speech as a tool to support basic research in phonetics. To constrain the task, we will not consider the synthesis of stimuli from text, but concentrate on the dedicated manipulation of speech to generate new speech signals with desired properties. The goal is to develop generative models which offer a representation of the speech signal by latent variables, which is compact and informative about the observed speech signal, which represents different sources of variation of the speech signal by different dimensions of the representation, which allows a dedicated manipulation of a phonetic cue along phonetically plausible dimensions, and which is amenable to human interpretation.

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2021–2024*

**Automatische Transkription von Gesprächssituationen**

Multi-talker conversational speech recognition is concerned with the transcription of audio recordings of formal meetings or informal get-togethers in machine-readable form using distant microphones. Current solutions are far from reaching human performance. The difficulty of the task can be attributed to three factors. First, the recording conditions are challenging: The speech signal captured by microphones from a distance is noisy and reverberated and often contains nonstationary acoustic distortions, which makes it hard to decode. Second, there is a significant percentage of time with overlapped speech, where multiple speakers talk at the same time. Finally, the interaction dynamics of the scenario are challenging because speakers articulate themselves in an intermittent manner with alternating segments of speech inactivity, single-, and multi-talker speech. We aim to develop a transcription system that is able to operate on arbitrary length input, correctly handles segments of overlapped as well as non-overlapped speech, and transcribes the speech of different speakers consistently into separate output streams. While existing approaches using separately trained subsystems for diarization, separation, and recognition are by far not able to reach human performance, we believe that the missing piece is a formulation which encapsulates all aspects of meeting transcription and which allows to design a joint approach under a single optimization criterion. This project is aimed at such a coherent formulation.

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2021–2024*

**Explainable Feature Importance: Interpretierbares maschinelles Lernen durch spieltheoretische Analyse von Einflussgrößen und Interaktionseffekten**

Methoden des maschinellen Lernens (ML) unterstützen die Suche nach Mustern in Daten und Zusammenhängen zwischen Variablen, z.B. in komplexen bio-medizinischen Systemen. Auf diese Weise können sie neue Einsichten vermitteln und Entscheidungen in Handlungsfeldern wie der medizinischen Diagnostik verbessern. Neben der Güte der aus den Daten gelernten Modelle bildet das Vertrauen menschlicher Experten in diese Modelle eine wichtige Voraussetzung für die Nützlichkeit und Anwendbarkeit von ML. Dies setzt ein gewisses

Maß an Transparenz der Modelle voraus, vor allem im Hinblick auf die Bedeutung von und die Interaktion zwischen einzelnen Einflussgrößen. In diesem Projektvorhaben schlagen wir einen spieltheoretischen Ansatz zur Modellierung und Dekomposition von Abhängigkeiten höherer Ordnung vor, d.h. Abhängigkeiten zwischen Teilmengen von Variablen. Auf dieser Grundlage lassen sich theoretisch fundierte Maße für die Wichtigkeit einzelner Einflussgrößen und die Stärke der Interaktion zwischen diesen Größen bestimmen. Im Rahmen des Projektes entwickeln wir nicht nur die theoretischen und konzeptionellen Grundlagen dieses Ansatzes, sondern arbeiten auch an einer effizienten algorithmischen Umsetzung. Zur Verbesserung von Verständnis und Akzeptanz entwickeln wir zudem einen interaktiven Ansatz zur Exploration von Abhängigkeiten in hochdimensionalen Datenräumen.

*Förderung: Ministerium für Kultur und Wissenschaft (MKW) des Landes NRW*

*Laufzeit: 2021–2024*

**Technically Enabled Explaining of Speaker Traits**

The speech signal is a rich source of information that conveys linguistic but also what is termed para- or extralinguistic content, revealing a speaker's identity, gender, emotional or cognitive state, age, and health. These traits have been the subject of many investigations in phonetics, but due to the high complexity of the underlying dimensions, are often confined to highly controlled datasets that do not generalize. Practical knowledge about the phonetics of speaker characteristics is also indispensable for voice practitioners such as speech therapists, actors or public speakers. Whereas speech technology is able to classify and even disentangle the complex signals underlying speech characteristics, the discipline hitherto does not provide interpretable models that aid phonetic experts in a knowledge transfer to non-expert voice practitioners. Our project will therefore examine the possibility of developing technical solutions as a tool to support the generation of explanations within speech science. We argue specifically that the phonetic realization of a dimension of phonetic variation can be pinpointed much better if two speech probes are generated that contain the same linguistic content and differ only in the manifestation of a single trait. These explanations should ultimately enable voice practitioners to either

identify or mimic the paralinguistic dimensions of interest.

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: 2021–2025*

**Aktuelle Industriekooperationen****Current industry cooperations**

- PLATH GmbH & Co. KG, Hamburg
- Hella GmbH, Lippstadt
- Toshiba Europe Limited, Cambridge, United Kingdom
- NTT Communication Science Laboratories, Kyoto, Japan
- Mitsubishi Electric Research Laboratories, Cambridge, MA, USA

**Wissenschaftliche Kooperationen****Scientific cooperations**

- Dr. rer. nat. habil. Ralf Schlüter, RWTH Aachen
- Prof. Dr. Petra Wagner, Universität Bielefeld
- Prof. Dr. Rainer Martin, Ruhr-Universität Bochum
- Prof. Dr. GeraldENZner, Universität Oldenburg
- Prof. Dr. Walter Kellermann, Universität Erlangen-Nürnberg
- Prof. Dr. Holger Karl, Hasso-Plattner-Institut (HP) Potsdam
- Dr. Joachim Köhler, Fraunhofer Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS), St. Augustin
- Prof. Sharon Gannot Bar-Ilan. University Ramat Gan, Israel
- Dr. Jinyu Li, Microsoft Research, Bellevue, WA, USA
- Dr. Jasha Droppo, Amazon Research, Seattle, USA
- Dr. Mehrez Souden, Apple Research, Los Angeles, CA, USA
- Dr. Jonathan Le Roux, Mitsubishi Electric Research Laboratories, Cambridge, MA, USA
- Prof. Dr. Bhiksha Raj, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA
- Prof. Thomas Niesler, Stellenbosch University, Stellenbosch, Südafrika

## 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

Baswana, S., Gupta, S., Knollmann, T.: Mincut Sensitivity Data Structures for the Insertion of an Edge. *Algorithmica*, 2022

Castenow, J., Feldkord, B., Knollmann, T., Malatyali, M., Meyer auf der Heide, F.: The k-Server with Preferences Problem. *Proceedings of the 34th ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures*, pp. 345–356, 2022

Castenow, J., Harbig, J., Jung, D., Kling, P., Knollmann, T., Meyer auf der Heide, F.: A Unifying Approach to Efficient (Near-)Gathering of Disoriented Robots with Limited Visibility. *26th International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS)* (Accepted), 2022

Castenow, J., Harbig, J., Jung, D., Knollmann, T., Meyer auf der Heide, F.: Gathering a Euclidean Closed Chain of Robots in Linear Time and Improved Algorithms for Chain-Formation. *Theoretical Computer Science*, 2022

Castenow, J., Kling, P., Knollmann, T., Meyer auf der Heide, F.: A Discrete and Continuous Study of the Max-Chain-Formation Problem. *Information and Computation*, Article 104877, 2022

Epstein, L., Lassota, A., Levin, A., Maack, M., Rohwedder, L.: Cardinality Constrained Scheduling in Online Models. In P. Berenbrink, B. Monmege (Eds.), *39th International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, (STACS)*, 2022, Vol. 219, p. 28:1–28:15. Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik.

Maack, M., Meyer auf der Heide, F., Pukrop, S.: Server Cloud Scheduling. In *Approximation and Online Algorithms*. Springer International Publishing, 2022

Maack, M., Pukrop, S., Rasmussen, A. R.: (In-)Approximability Results for Interval, Resource Restricted, and Low Rank Scheduling. In S. Chechik, G. Navarro, E. Rotenberg, G. Herman (Eds.), *30th Annual European Symposium on Algorithms, (ESA)*, 2022, Vol. 244, p. 77:1–77:13. Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik.

Polevoy, G., Dziubinski, M.: Fair, Individually Rational and Cheap Adjustment. In L. De Raedt (Ed.), *Proceedings of the Thirty-First International Joint Conference on Artificial Intelligence*.

International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, 2022

### Weitere Funktionen Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Additional functions Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

- Member of the "Hochschulrat" of the Paderborn University
- Director of the Collaborative Research Center (SFB 901) "On-The-Fly Computing"
- Member of the German Academy of Sciences "Leopoldina", Vice Chair of the Section Information Sciences
- Member of the NRW Academy of Sciences, Humanities and the Arts
- Member of the National Academy of Science and Engineering "acatech"
- DFG Special Advisor (Vertrauensdozent) of the Paderborn University
- Member of Paderborn Institute for Data Science and Scientific Computing (DASCO)
- Advisory board member of "Journal of Interconnection Networks (JOIN)", World Scientific Publishing

### 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 "Algorithms for swarm robotics: distributed computing meets dynamical systems"

The goal of this project is to investigate the capabilities and limitations of local, distributed strategies for swarms of mobile robots. Such strategies consist of protocols run by the individual robots. They are supposed to guide

the movements of the robots in such a way that globally a prescribed formation like gathering, forming a line or other shapes is reached from an arbitrary initial configuration of the robots. This research direction is well-established in distributed computing. Our approach is to combine techniques from distributed computing and dynamical systems research in order to enhance the understanding of protocols for such formation tasks. To this end, we analyze the speed of the protocols in terms of runtime complexity in the distributed computing sense as well as stability properties of the prescribed formation with the use of ideas from dynamical systems. While in the distributed computing community often only a worst-case analysis is considered, the tools of dynamical systems allow a more fine-grained analysis of the input configurations by exploring the state space. More concretely, the state space foliation describes the long-term dynamical behavior of input configurations in more detail, i.e. it allows to identify classes of configurations that converge comparably fast or slow and even classes that fail to converge to the prescribed formation. Thus, the combination of both views leads to a more profound understanding of distributed strategies for swarms of mobile robots. Joint project with Prof. Dr. Michael Dellnitz, Institute of Mathematics, Paderborn University *Funding: German Research Foundation Term: 2021 – 2024*

#### DAAD Projekt "DigiChemLab"

The goal of the project is the development of a virtual learning platform for the chemical-technical education using virtual reality technology. The learning platform represents a supplementary offer for the preparation of the work in chemical laboratories (e.g. internships). The objective is to develop a digital chemistry laboratory for the digitalization of chemistry courses (virtual training platform) in order to increase the safety awareness. Joint project with Prof. Dr. Wolfgang Bremser, Department of Chemistry, Chemistry Materials Science, Paderborn University and Prof. Dr. Sabine Fechner, Department of Chemistry, Chemistry Education, Paderborn University. External cooperation partners are the departments Materials Science of the Chinese Qingdao University of Science and Technology (QUST), Prof. Dr. Wende Tian, and Computer Science of the Shandong University (SDU), Prof. Dr. B. Chen. *Funding: DAAD (German Academic Exchange Service) Term: 2021 – 2022*

### Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- IIT Kanpur, Prof. Surender Baswana PhD, Kanpur, India
- 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
- University of Dubai, Prof. Dr. Christine Markarian, Dubai, United Arab Emirates
- Lebanese American University, Prof. Dr. Faisal N. Abu-Khazem, Beirut, Lebanon
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Dr. Alexandra Lassota, Schweiz
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Lars Rohwedder Ph.D., Schweiz
- Hochschule Fulda, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Prof. Dr. Tim Süß, Fulda
- Universität Hamburg, Junior-Professor Dr. Peter Kling, Hamburg
- Universität Hamburg, Professor Dr. Petra Berenbrink, Hamburg
- Universität Hamburg, Dr. Malin Rau, Hamburg
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Prof. Dr. Klaus Jansen, Kiel
- University of Haifa, Prof. Leah Epstein Ph.D., Haifa, Israel
- Carleton University, Prof. Dr. Nicola Santoro, Ottawa, Canada
- Israel Institute of Technology (Technion), Prof. Asaf Levin Ph.D., Haifa, Israel
- University of Warsaw, Tomasz Michalak, Warsaw, Poland
- University of Warsaw, Marcin Dziubinski, Warsaw, Poland
- Qingdao University of Science and Technology (QUST), Prof. Dr. Wende Tian, Qingdao, China
- Shandong University (SDU), Prof. Dr. B. Chen, Jinan, China

## Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

### Publikationen Publications

Abughannam, S., Kruse, S., Iftekhar, M., Scheytt, C.: Design and Measurements of a Low-power Low-Data-rate Direct-detection Wireless Receiver with Improved Co-channel Interference Robustness. In: German Microwave Conference 2022 (GeMiC 2022), Ulm, Germany, 16. – 18. Mai 2022.

Abughannam, S., Scheytt, C.: Low-Power Low-Data-Rate Wireless PPM Receiver Based on 13-Bits Barker Coded SAW Correlator with Scalable Data-Rate and Sensitivity. In: International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2022), Austin, Texas, USA, 28. Mai – 1. Jun. 2022, IEEE Xplore.

Bahmanian, M., Kress, C., Scheytt, C.: Locking of microwave oscillators on the interharmonics of mode-locked laser signals. Optics Express, 30 2022.

Bahmanian, M., Scheytt, J. C. (2022). Noise Processes and Nonlinear Mechanisms in Optoelectronic Phase-Locked Loop Using a Balanced Optical Microwave Phase Detector. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 70(10), pp. 4422 – 4435

Ecker, W., Adelt, P., Müller, W., Heckmann, R., Krstic, M., Herdt, V., Drechsler, R., Angst, G., Wimmer, R., Mauderer, A., Stahl, R., Emrich, K., Mueller-Gritschneider, D., Becker, B., Scholl, P., Jentsch, E., Schlamelcher, J., Grüttner, K., Bernardo, P., Brinkmann, O., Damian, M., Oppermann, J., Koch, A., Bormann, J., Partzsch, J., Mayr, C., Kunz, W.: The Scale4Edge RISC-V Ecosystem. In: In Proceedings of the Design Automation and Test Conference and Exhibition (DATE 2022), 14. – 15. Mrz. 2022.

Kress, C., Schwabe, T., Rhee, H., Kerman, S., Scheytt, J. C. (2022). Broadband Mach-Zehnder Modulator with Linear Driver in Electronic-Photonic Co-Integrated Platform. Optica Advanced Photonics Congress 2022

Kruse, S.; Bahmanian, M.; Farkhondehkhoy Fard, S.; Meinecke, M.-M.; Kurz, H. G.; Scheytt, C.: A Low Phase Noise 77 GHz Frequency Synthesizer for Long Range Radar. In: European Radar Conference (EuRAD), Milan, Italy, 28. – 30. Sep. 2022 EuMW

Kruse, S., Gudyriev, S., Kneuper, P., Schwabe, T., Meinecke, M.-M., Kurz, H. G., Scheytt, J. C. (2022). Silicon Photonic Radar Receiver IC for mm-Wave Large Aperture MIMO Radar Using Optical Clock Distribution. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 32(12), pp. 1447 – 1450.

Meier, J., Singh, K., Misra, A., Preussler, S., Scheytt, C., Schneider, T.: High-Bandwidth Arbitrary Signal Detection Using Low-Speed Electronics. IEEE Photonics Journal, 14, Feb. 2022.

Misra, A., Kress, C., Singh, K., Meier, J., Schwabe, T., Preussler, S., Scheytt, J. C., Schneider, T. (2022). Reconfigurable and real-time high-bandwidth Nyquist signal detection with low-bandwidth in silicon photonics. Optics Express, 30(8), Article 13776.

Misra, A., Singh, K., Meier, J., Kress, C., Schwabe, T., Preussler, S., Scheytt, J. C., Schneider, T. (2022). Flexible Time-Domain De-Multiplexing of Nyquist OTDM Channels by Orthogonal Sampling in Silicon Photonics. Conference on Lasers and Electro-Optics.

Singh, K., Kress, C., Mandalawi, Y., Misra, A., Preussler, S., Scheytt, J. C., Schneider, T. (2022). Analysis of the effect of jitter and non-idealities on photonic digital-to-analog converters based on Nyquist pulses. In G. Li & K. Nakajima (Eds.), Next-Generation Optical Communication: Components, Sub-Systems, and Systems XI. SPIE.

Singh, K., Meier, J., Kress, C., Misra, A., Schwabe, T., Preussler, S., Scheytt, J. C., Schneider, T. (2022). Emulation of integrated high-bandwidth photonic AWG using low-speed electronics. In G. Li & K. Nakajima (Eds.), Next-Generation Optical Communication: Components, Sub-Systems, and Systems XI. SPIE.

Zazzi, A., Müller, J., Ghannam, I., Battermann, M., Rajeswari, G. V., Weizel, M., Scheytt, J. C., Witzens, J. (2022). Wideband SIN pulse interleaver for optically-enabled analog-to-digital conversion: a device-to-system analysis with cyclic equalization. Optics Express, 30(3), Article 4444

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

**2022 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)**  
16. – 19.10.2022, Phoenix AZ, USA

**5th RISC-V Activities Workshop**  
7.11.2022, Berlin, Deutschland

**25th Design, Automation and Test in Europe (DATE)**  
14. – 23.3.2022, virtuelle Konferenz

**26th Design, Automation and Test in Europe (DATE)**  
17. – 19.4.2023, Antwerp, Belgium

### Weitere Funktionen Prof. Scheytt Additional functions Prof. Scheytt

- Institutsleiter des Instituts für Elektrotechnik und Informationstechnik, Uni Paderborn
- Mitglied des Geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Stellvertretender Vorsitzender des Institut für photonische Quantensysteme PhoQS
- Koordinator des DFG-Schwerpunktprogramms „Electronic-Photonic Integration for Ultrafast Signal Processing“ (SPP 2111)
- Vorstandsmitglied im Center for Optoelectronics and Photonics Paderborn (CeOPP)
- Mitglied im Programmkomitee European Microwave Week (EuMW), Milano, Italien, September 2022
- Mitglied im Programmkomitee European Microwave Week (EuMW), Berlin, Deutschland, September 2023
- Mitglied im Programmkomitee IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS) 16. – 19.10.2022, Phoenix AZ, USA
- seit 2014, Mitglied im Programmkomitee German Microwave Conference (GeMiC), Ulm, 7. – 9. März 2022
- 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 apl. Prof. Müller Additional functions apl. Prof. 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 2022 (virtuell, März 2022)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2023 (Antwerpen, Belgien, April 2023)
- Mitglied im Organisationskomitee des 5h RISC-V Activities Workshop, Berlin, Deutschland, November 2022
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 25. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2022 (virtuell, April 2022)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 26. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2023 (Freiburg, Deutschland, März 2023)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee der International IEEE Conference on Hardware / Software Codesign and System Synthesis (virtuell, Oktober 2022)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 19th Workshops Automotive Software Engineering 2022 (virtuell, Februar 2022)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 20th Workshops Automotive Software Engineering 2023 (Luxemburg, Februar 2023)
- Mitglied im Editorial Board Foundations and Trends® in Electronic Design Automation, now publishers, Boston/Delft

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

**METERACOM – Metrology for Terahertz Communication Phase 2**  
Im Zentrum der DFG-Forschungsgruppe METERACOM (FOR 2863) steht die Kommunikationstechnik für den weitgehend noch unberührten Terahertz-Frequenzbereich (THz). In diesem Frequenzbereich könnten in Zukunft Terabit pro Sekunde übertragen werden. Jedoch stellen die sehr hohen Frequenzen und Bandbreiten der drahtlosen Kommunikation bei Terahertz-Frequenzen die heutige Kommunikationstechnik vor enorme Herausforderungen. Wesentliche Herausforderungen, die im Projekt bearbeitet werden sollen, sind: Die Erforschung von Messtechnik-Methoden (Metrologie) für drahtlose Kommunikationstechnologie mit THz-Signalen, die Entwicklung und Charakterisierung von neuen Messmitteln und die Rückführbarkeit von THz-Metrologie auf die grundlegenden Maßeinheiten des SI-Systems.  
*Projektpartner: TU Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Universität Marburg, Universität Stuttgart, Universität Lübeck, TU Ilmenau, National Physics Laboratory of Great Britain*  
*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*  
*Laufzeit: Juni 2022 – Mai 2025*

### 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*  
*Projektpartner: VDI Technologiezentrum GmbH*  
*Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*  
*Laufzeit: Juli 2018 – Juni 2022*

### 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 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*  
*Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*  
*Laufzeit: April 2020 – März 2023*

### PONyDAC - Precise Optical Nyquist Pulse Synthesizer DAC – Phase 2

Das Ziel des PONyDAC-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von elektronisch-photonic Digital-Analog-Umsetzern mittels Synthese optischer Nyquistpulse und der Verwendung von optischem Time-Interleaving. Die Nyquistpulsenergieerzeugung geschieht durch passende Eingangssignalregelung für Mach-Zehnder-Modulatoren auf Basis der monolithischen Ko-Integration photonischer und elektronischer Komponenten auf demselben Chip. Dieses Konzept der Synthese ultra-breitbandiger Nyquistpulse hat das Potential bisheriger State-of-the-Art D/A-Wandler-Lösungen bei weitem zu übertreffen.  
*Partner: Technische Universität Braunschweig*  
*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)*  
*Laufzeit: Januar 2022 – Juni 2023*

**PACE – Photonically Assisted Ultrabroadband Analog-to-Digital-Converter – Phase 2**

Das Ziel des PACE-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von extrem schnellen Analog-Digital-Umsetzern, auf Basis von photonischer und elektronischer Signalverarbeitung. Dabei werden mode-locked Laser als optische Signalquellen eingesetzt und verschiedene Verfahren der Analog-Digital-Wandlung untersucht. Ziel ist es, die elektronisch-photonischen Analog-Digital-Wandler mittels Siliziumphotonik-Technologie erstmalig als Chips zu integrieren und den Stand der Technik von rein elektronischen Analog-Digital-Wandler-Chips damit deutlich zu übertreffen.

*Partner: RWTH Aachen, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Universität Hamburg*  
*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)*

*Laufzeit: Januar 2022 – Dezember 2024*

**TRR142/C11 - Kompakte Photonenpaar-Quelle mit ultraschnellen Modulatoren auf Basis von CMOS und LNOI**

In dem Projekt werden wir miniaturisierte Quellen für dekorierte Photonenpaare mit hoher Wiederholrate untersuchen und demonstrieren. Diese Zielstellung wird durch die gemeinsame Integration von elektro-optischen Modulatoren mit hoher Bandbreite und optischer Abwärtsmischung (engl. Parametric down-conversion, PDC) erreicht, die beide in einer Lithium-Niobat-auf-Isolator (LNOI)-Plattform integriert werden. Die breitbandigen optischen Pulse für die PDC werden durch eine neuartige Frequenzkamm-Synthese-Technik mittels eines integrierten CMOS-Chips in Verbindung mit dem LNOI-Modulator erzeugt.

*Beteiligte Fachgebiete: Integrierte Quantenoptik (Prof. Dr. Silberhorn) & Schaltungstechnik (Prof. Dr. Scheytt)*

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsberichts/Transregio „Maßgeschneiderte nichtlineare Photonik: Von grundlegenden Konzepten zu funktionellen Strukturen“ (TRR 142)*

*Laufzeit 3. Phase: Januar 2022 – Dezember 2025*

**PhoQuant - Photonic Quantum Computing**

Quantum Computing ist eine vielversprechende Lösung für Probleme, die mit klassischen Methoden im Allgemeinen nicht gelöst werden können. Die Verwendung von Lichtpartikeln

als Qubits (Recheneinheiten) im photonischen Ansatz bietet das erforderliche Skalierungsniveau für Hochgeschwindigkeitsberechnungen und hohe Rechenleistung. Der Schlüssel zum Erfolg dieses Ansatzes sind die photonischen integrierten Schaltkreise (PICs), die moderne Integrationstechnologien nutzen.

Das PhoQuant-Projekt zielt auf die Optimierung von Rechenprozessen in industriell relevanten Anwendungen wie der Echtzeitoptimierung von Flugplänen an Flughäfen. Im Rahmen des Projekts entwickelt das Konsortium einen 100-Qubits-Quantencomputer mit monolithisch integrierter Architektur, der neben den optimierten Algorithmen die Basis für weitere universelle Entwicklungen bilden kann.

*Partner: Q.ANT GmbH, Institute for Photonic Quantum Systems (PhoQS) at University of Paderborn, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Institute of Physics at Humboldt-University of Berlin, Kirchhoff Institute for Physics (KIP) at Heidelberg University, HQS Quantum Simulations GmbH, Abbe Center of Photonic at Friedrich-Schiller-University of Jena, Dahlem Center for Complex Quantum Systems at Freie Universität Berlin, Institute of Theoretical Physics at University of Ulm, ficonTEC Service GmbH, Menlo Systems GmbH, TEM Messtechnik GmbH, Swabian Instruments GmbH.*

*Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: Januar 2022 – Dezember 2026*

**MINTS – Mode-locked Laser based Integrated Terahertz Synthesizer**

Das Projekt untersucht elektronisch-photonische THz Frequenzsynthesizer-Architekturen zur Integration in Silizium-Photonik (SiPh) und/oder Indium-Phosphit (InP) Photonik-Technologien. Aufbauend auf modengekoppelten Lasern (MLL) soll ein Jitter- bzw. Phasenrauschen erreicht werden, das besser als bei rein elektronischen THz-Frequenzsynthesizern ist mit besserem Frequenzbereich und einer besseren Frequenzauflösung.

*Partner: Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Berlin*

*Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

*Laufzeit: Januar 2022 – Dezember 2025*

**Aktuelle Industriekooperationen****Current industry cooperations**

- AbsInt Angewandte Informatik GmbH, Saarbrücken
- adviCo microelectronics GmbH, Recklinghausen
- ADVA Optical Networking SE, Berlin
- AEMtec GmbH, Berlin
- ARQUIMEA Deutschland GmbH, Frankfurt/O.
- Volkswagen AG, Wolfsburg,
- Audi AG, Ingolstadt
- Cadence Design Systems GmbH, München
- Fraunhofer IMS, Duisburg
- Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR, Wachtberg
- Fujikura Ltd, Japan
- Fujikura Technology Europe GmbH, Frankfurt/Main
- Hella GmbH & Co. KGaA, Lippstadt
- IHP – Leibniz Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt/Oder
- II-VI Incorporated, PA, USA
- Infineon Technologies AG, München
- Konrad GmbH, Radolfzell
- Leoni Fiber Optics GmbH, Neuhaus-Schierschnitz
- MINRES Technologies GmbH, Neubiberg
- PhoQuant, Stuttgart
- Robert Bosch GmbH, Reutlingen
- Sicoya GmbH, Berlin
- SYSGO GmbH, Klein-Winternheim
- TOPTICA Photonics AG, Gräfelfing
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- SYSGO GmbH, Klein-Winternheim
- TOPTICA Photonics AG, Gräfelfing
- Volkswagen AG, Wolfsburg

**Wissenschaftliche Kooperationen****Scientific cooperations**

- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Becker
- DLR, Dr. Grüttner
- Eberhard Karls Universität Tübingen, Prof. Bringmann
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Dr. Viehl
- Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Koos
- National Physics Laboratory, Teddington, UK
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

- Ruhruniversität Bochum, Prof. Hofmann
- RWTH Aachen, Prof. Witzens
- 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. Jamschidi
- Technische Universität Dresden, Prof. Meyr
- Technische Universität Kaiserslautern, Prof. Kunz
- Technische Universität München, Prof. Ecker
- Technische Universität München, Prof. Müller-Gritschneider
- Universität Bremen, Prof. Drechsler
- Universität Hamburg / DESY, Prof. Kärtner
- Universität Potsdam, Prof. Krstic
- Universität Stuttgart, Prof. Kallfass
- University of California, Irvine CA, USA, Prof. Dömer

## Regelungstechnik und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

### Publikationen Publications

Arian, B., Oesterwinter, A., Homberg, W., Roza Vasquez, J., Walther, F., Kersting, L., Trächtler, A.: A flow forming process model to predict workpiece properties in AISI 304L. 19th Int. Conference on Metal Forming 2022.

Bader, F., Bathelt, L., Djakow, E., Henke, C., Homberg, W., Trächtler, A.: An approach for an innovative 3d steel strip straightening machine for curvature and saber compensation. ESAFORM 2022, Braga / Portugal.

Bathelt, L., Bader, F., Djakow, E., Henke, C., Trächtler, A., Homberg, W.: Innovative assistance system for setting up a mechatronic straightening machine. ESAFORM 2022, Braga / Portugal.

Bathelt, L., Bader, F., Djakow, E., Henke, C., Trächtler, A., Homberg, W.: Mechatronische Richtapparate: Intelligente Richttechnik von hochfesten Flachdrähten. Fachtagung VDI MECHATRONIK 2022, 19 – 24.

Ehlert, M., Henke, C., Trächtler, A.: Analysis of Differential Algebraic Equation Systems for Connecting Energy Storages of Generally Valid Functional Mock-up Units. Proceedings of the 12th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications.

Götte, R.-S., Timmermann, J.: Composed Physics- and Data-driven System Identification for Non-autonomous Systems in Control Engineering. 2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC), 67 – 76.

Hesse, M., Hunstig, M., Timmermann, J., Trächtler, A.: Batch Constrained Bayesian Optimization for Ultrasonic Wire Bonding Feed-forward Control Design. Proceedings of the 11th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM), 383 – 394.

Junker, A., Fittkau, N., Timmermann, J., Trächtler, A.: Autonomes Putten mittels datengetriebener und physikbasierter Methoden. Proceedings – 32. Workshop Computational Intelligence: Berlin, 01. – 02. Dezember 2022.

Junker, A., Fittkau, N., Timmermann, J., Trächtler, A.: Autonomous Golf Putting with Data-Driven and Physics-Based Methods. 2022 Sixth IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC).

Junker, A., Timmermann, J., Trächtler, A.: Data-Driven Models for Control Engineering Applications Using the Koopman Operator. 2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC 2022), 1 – 9.

Junker, A., Timmermann, J., Trächtler, A.: Learning Data-Driven PCHD Models for Control Engineering Applications. 14th IFAC International Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing, 55(12), 389 – 394.

Kersting, L., Arian, B., Vasquez, J. R., Trächtler, A., Homberg, W., Walther, F.: Innovative Online Measurement and Modelling Approach for Property-Controlled Flow Forming Processes. Key Engineering Materials, 926, 862 – 874.

Koppert, S., Henke, C., Trächtler, A., Möhringer, S.: Tool Wear Monitoring of a Tree Log Bandsaw using a Deep Convolutional Neural Network on challenging data. IFAC-PapersOnLine, 55(2), 554 – 560.

Lenz, C., Hanke, F., Henke, C., Trächtler, A.: Anomaly Detection in Hot Forming Processes using Hybrid Modeling – Part II. 2022 27th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Stuttgart, Germany.

Malena, K., Link, C., Bußemas, L., Gausemeier, S., Trächtler, A.: Traffic Estimation and MPC-Based Traffic Light System Control in Realistic Real-Time Traffic Environments. In C. Klein, M. Jarke, M. Helfert, K. Berns, O. Gusikhin (Eds.), Communications in Computer and Information Science (Vol. 1612, pp. 232 – 254). Springer International Publishing.

Roza Vasquez, J., Kanagarajah, H., Arian, B., Kersting, L., Homberg, W., Trächtler, A., Walther, F.: Coupled microscopic and micromagnetic depth-specific analysis of plastic deformation and phase transformation of metastable austenitic steel AISI 304L by flow forming. Practical Metallography, 59(11), 660 – 675.

## Control Engineering and Mechatronics

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Schön, O., Götte, R.-S., Timmermann, J.: Multi-Objective Physics-Guided Recurrent Neural Networks for Identifying Non-Autonomous Dynamical Systems. 14th IFAC Workshop on Adaptive and Learning Control Systems (ALCOS 2022), 19 – 24.

Schütz, S., Schmidt, R., Henke, C., Trächtler, A.: Virtual Commissioning of the Trajectory Tracking Control of a Sensor-Guided, Kinematically Redundant Robotic Welding System on a PLC. 2022 IEEE International Systems Conference (SysCon), 1 – 8.

### Promotionen PhD Theses

Sven Mertin  
**Konzept für ein hierarchisches autonomes Verkehrsmanagement**

In dieser Arbeit wird ein neuartiges Verkehrsmanagementsystem entwickelt und simulativ untersucht, welches in einem zukünftigen Szenario eines vollautonomen Straßenverkehrs angesiedelt ist. Motivation dieser Arbeit ist die Erwartung, die Vorteile eines autonomen Verkehrs durch ein übergeordnetes Verkehrsmanagement zu verstärken, indem der Verkehrsfluss verbessert wird. Ziel ist es, nicht lediglich individuelle Ziele einzelner Verkehrsteilnehmer in den Fokus zu stellen, sondern kollektive Ziele wie beispielsweise eine verkürzte mittlere Reisezeit oder die Verhinderung von Staus zu erreichen. Das entwickelte Verkehrsmanagement besteht hierbei aus drei Hierarchieebenen, die das Verkehrsgeschehen jeweils unterschiedlich abstrakt erfassen und entsprechend Trajektorien, Sollgeschwindigkeiten und Routen für die einzelnen Fahrzeuge berechnen. Zur Untersuchung des in dieser Arbeit entwickelten Ansatzes für ein intelligentes Verkehrsmanagement wird ein komplexes Simulationsframework vorgestellt, mit dem eine Vielzahl an Testscenarien erprobt wird. Die Ergebnisse der Simulationen zeigen großes Potential, die Vorteile eines autonomen Verkehrs durch die Einbindung eines übergeordneten Verkehrsmanagements weiter zu steigern und die angesprochenen kollektiven Ziele zu erreichen.

Nico Rüdtenklau  
**Hardware-in-the-Loop-Simulation von HD-Scheinwerfer-Steuergeräten zur Entwicklung von Lichtfunktionen in virtuellen Nachtfahrten**  
Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem

simulationsbasierten Entwurf hochauflösender Pixel-Scheinwerfersysteme durch virtuellen Nachtfahrten. Nach einer Darstellung der notwendigen theoretischen Grundlagen wird zunächst der derzeitige Stand der Technik beschrieben. Besonderes Augenmerk erhält die simulationsgestützte Entwicklung von Pixel-Scheinwerfersystemen. Die existierenden Lösungen werden vorgestellt und bewertet. Abgeleitet aus den vorhandenen Schwächen derzeitiger Nachtfahrtsimulationen wird ein Anforderungskatalog erarbeitet, den die hier vorgestellte Lösung bestmöglich erfüllen soll. Es folgt die Beschreibung der zu diesem Zweck entwickelten Nachtfahrtsimulation „Hyperion“. Nach einer Darstellung der Gesamtarchitektur, der dazugehörigen Komponenten und ihrer Wechselwirkungen, wird der Forschungskern der vorliegenden Arbeit detailliert betrachtet. Hierzu gehört im ersten Schritt die echtzeitfähige und qualitativ hochwertige Nachbildung des Lichts von Pixel-Scheinwerfern in einer virtuellen Umgebung. Bei der Virtualisierung von Pixel-Systemen werden neben dem ausgesandten Licht beider Scheinwerfer auch das Steuergerät und damit verbundene Sensoren betrachtet. Im zweiten Schritt werden darauf aufbauend Analyse- und Entwurfsverfahren für diese Systeme methodisch eingeführt, prototypisch implementiert und validiert. Hierbei liegt der Fokus nicht auf der optischen Auslegung des Scheinwerfers, sondern auf dem Entwurf von Lichtfunktionen zur situationsadaptiven Steuerung der zahlreichen Lichtquellen eines Pixel-Scheinwerfers. Schließlich wird die entwickelte Lösung anhand des zuvor angefertigten Anforderungskatalogs bewertet. Zum Abschluss werden die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst. In einem Ausblick werden weitere Potentiale und Ausbaumöglichkeiten der Nachtfahrtsimulation diskutiert.

### Weitere Funktionen Additional functions

- Leiter Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM
- Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Kuratoriumsmitglied Fraunhofer IPT
- Vorstand des L-LAB

### Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

#### Energieeffiziente experimentelle Schwingungsanalyse (ENEXAL)

Ziel des Vorhabens ist die Validierung einer adaptiven Regelungsmethode in Verbindung mit dem Einsatz eines innovativen Koppelements zur effizienten Analyse unbekanntem nicht-linearen Schwingungsverhaltens mechanischer Strukturen. Moderne ressourcensparende Strukturen weisen durch Leichtbau, neue Materialien und effizientere Konstruktionen einen immer höheren Grad an nichtlinearem Verhalten auf. Diesem wird in der Prüfstandeinrichtung zur experimentellen Schwingungsanalyse bislang mit aufwendigen Iterationsschleifen Rechnung getragen. Mittels der neuen Methoden des ENEXAL-Projekts wird eine Soll-Anregekraft präzise und hochdynamisch eingeregelt, sodass sich eine verringerte Anzahl an Testdurchläufen ergibt. Hieraus resultiert eine signifikante Energieeinsparung sowie die Vermeidung von Vorschädigungen des Prüflings.  
*Förderung: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen*  
*Laufzeit: 2021 – 2022*

#### SensoBack – Entwicklung eines Leitstandsystems mit Cloud-Anbindung für die Kleingebäckproduktion

Ziel des Projekts ist es, die Ressourcenverluste bei der industriellen Kleingebäckproduktion bei gleichzeitiger Optimierung der Produktqualität zu reduzieren. Dazu wird ein intelligentes Sensorsystem für die Produktionsanlage entwickelt, sodass an mehreren Stellen im Herstellungsprozess die Qualitätsvorgaben hinsichtlich Gewicht, Form, Aussehen und Hygienezustand erfasst werden. Mithilfe der gewonnen Messdaten soll anschließend eine Prozesssteuerung ausgelegt werden, welche die Prozessparameter geeignet an die wechselnden 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.  
*Förderung: 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.  
*Förderung: 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 selbsteinzelnder 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.  
*Förderung: 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.

*Förderung: Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Laufzeit: 2020 – 2024*

#### **Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen für Hochautomatisiertes Fahren (RoSSHAF)**

Das Projekt verfolgt die Entwicklung innovativer Sensorik und angepasster Testverfahren für hochautomatisiertes Fahren unter widrigen Witterungsbedingungen, bei denen aktuelle Assistenzsysteme nicht zuverlässig arbeiten. Hierzu werden einzelne Sensoren virtuell abgebildet und unter Schlechtwetterbedingungen simuliert. Zusätzlich erfolgt eine dynamische Erprobung und Optimierung von Sensorsystemen mithilfe KI-basierter Verfahren und Cloud-Anbindung. Darauf aufbauend entsteht im Rahmen des Forschungsvorhabens eine virtuelle Testplattform für die Umfeldsensorik, welche das Testen von Sensorsystemen frühzeitig in der Entwicklung ermöglicht und so die Funktionsfähigkeit in beliebigen Fahrsituationen gewährleistet.

*Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*

*Laufzeit: 2021 – 2024*

#### **Traffic Control for MixedAutonomy Systems (TraCMAS)**

Automatisiertes Fahren in Kombination mit Car2X-Kommunikation eröffnet vielversprechende Möglichkeiten für zukünftige Verkehrssysteme. Die kooperative Nutzung von geteilter Echtzeitinformation ermöglicht eine deutliche Effizienzsteigerung der heutigen Verkehrsinfrastruktur. Mit diesem Ziel verfolgt das Projekt die Nutzung neuer Technologien aus dem Bereich der Verkehrstechnik zur Steuerung und Optimierung urbaner Verkehrsflüsse. So sollen autonome Fahrzeuge und Car2X-Kommunikationstechnik in ein Verkehrsleitsystem integriert und mit intelligenten Schaltungen

für Lichtsignalanlagen (LSA) verknüpft werden. Zusätzlich erfolgt eine direkte Beeinflussung des Verkehrsgeschehens durch die Vorgabe optimierter Routen und Geschwindigkeitsprofile, welche einen signifikanten Einfluss auf den Verkehrsfluss autonomer Fahrzeuge haben. Auf diese Weise sollen Wartezeiten reduziert und Schadstoffemissionen gemindert werden.

*Förderung: Karl-Vossloh-Stiftung*

*Laufzeit: 2021 – 2024*

#### **Nachhaltigkeitsoptimiertes Life Cycle Assessment technologisch hochkomplexer Produkte am Beispiel Automobilbeleuchtung (NALYSES)**

Im Projekt NALYSES soll ein nachhaltigkeits-optimierter Lebenskreislauf technologisch hochkomplexer Produkte realisiert werden. Bereits im Entwicklungsprozess sollen Reparierfähigkeit und Wiederverwendbarkeit nach Produktlebensende (durch Materialrückgewinnung und Wiederverwendung ganzer Baugruppen) berücksichtigt werden, was die Entwicklung neuartiger Materialkonzepte und Methoden, bspw. zur Verlängerung der Lebensdauer erfordert.

*Förderung: BMBF*

*Laufzeit: 2022 – 2025*

#### **Transformations-Hub für eine verbesserte, nachhaltigere Nutzung von Automobilen durch digitale Services und digitale Geschäftsmodelle (DiSerHub)**

DiSerHub zielt auf die Etablierung eines nutzerzentrierten Transformations-Hubs fürs Digitale Services und Geschäftsmodelle entlang der Wertschöpfung von Automobilität. Kern ist ein digitales Informationsportal und ein aufeinander abgestimmtes Maßnahmen-Bündel aus On-Demand- sowie Live-Transferformaten. Im Schwerpunktthema digitales Ökosystem für vernetztes automatisiertes Fahren wird als Demonstrator ein Reallabor in die bestehende Forschungs- und Innovationsinfrastruktur des HNI integriert.

*Förderung: BMWK*

*Laufzeit: 2022 – 2025*

#### **Sustainable life-cycle of intelligent socio-technical systems (SAIL)**

SAIL zielt auf die Erforschung der Intelligenten Technischen Systeme der nächsten Generation mit den Schwerpunkten Kooperation, Prosilienz und Nachhaltigkeit, wobei funktionale und nicht-funktionale Ziele zu berücksichtigen sind. Beispielsweise sollen Prosilienz und langfristige Robustheit durch einen Mensch-zentrierten

Entwurf erreicht werden, wobei unterschiedliche Wege, um mit Unsicherheit umzugehen, erforscht werden sollen.

*Förderung: MKW NRW*

*Laufzeit: 2022 – 2026*

#### **Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations**

- BMW AG, München
- Covestro Deutschland AG, Leverkusen
- dSPACE GmbH, Paderborn
- Fertigungsgerätebau Adolf Steinbach GmbH & Co. KG, Salz
- geba Kunststoffcompounds GmbH, Ennigerloh
- HELLA GmbH & Co. KGaA, Lippstadt
- RTB GmbH & Co. KG, Bad Lippspringe
- Smart Mechatronics GmbH, Dortmund
- Stührenberg GmbH, Detmold
- WP Kemper GmbH, Rietberg
- ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Walther, Technische Universität Dortmund
- Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Dr. h.c. Torsten Bertram, Technische Universität Dortmund
- Prof. Dr. Vladimir Podubnyi, Altaier Staatliche Technische Polunov-Universität
- Prof. Dr. Barbara Hammer, Universität Bielefeld

## Angewandte Ethik, Technikethik

Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar

## Angewandte Ethik, Technikethik

Jun. Prof. Dr. Suzana Alpsancar

#### **Publikationen Publications**

Alpsancar, S. (im Erscheinen), „Die Computerisierung der Dokumentation von Pflanzensammlungen am Beispiel des Botanischen Gartens in Berlin“, in: Ulf Hashagen und Rudolf Seising (Hg.), Algorithmische Wissenskulturen. Der Einfluss des Computers auf die Wissenschaftsentwicklung, Wiesbaden: Springer.

Pfeiffer, J., Gutschow, J., Haas, C., Möslin, F., Maspfuhl, O., Borgers, F., Alpsancar, S. (im Erscheinen): „Discussion: Fairness in AI“, in: Bus Inf Syst Eng 65(1).

#### **Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars**

**Ko-Organisation des Workshop „CAIS-V-Synthese: Linien philosophischer Digitalforschung“, CAIS, Universität Bochum** (mit Prof. Dr. Matthias Kettner, Prof. Dr. Susanne Hahn, Prof. Dr. Rainer Adolph) 28.–20.03.2022

**„Societal Impacts of Digital Transformation Workshop“, European Computer Science Summit, Hamburg** (mit Prof. Dr. Gregor Engels, Prof. Dr. Gordana Dodig Crnkovic, Prof. Dr. Alexander Pretschner, Prof. Dr. Dymna O’Sullivan) 25.10.2022

#### **Weitere Funktionen Additional functions**

- Assoziiertes Mitglied des Heinz Nixdorf Instituts
- Assoziiertes Mitglied des SFB/TRR 318 „Constructing Explainability“, Universität Paderborn, Universität Bielefeld
- Mitherausgeberin des Jahrbuch Technikphilosophie (JTPHil)
- Mitglied des Richtlinienausschuss VDI-MT 5900 Blatt 4 „Sachverständige für Kraftfahrwesen und Straßenverkehr – Assisiertes, automatisiertes und vernetztes Fahren“
- Mitglied der Informatics Europe Arbeitsgruppe für „Societal Impacts and Ethics“
- VDI Arbeitskreis „Technikphilosophie“

#### **Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects**

**Mitwirkung im Projekt „Das 20. Jahrhundert in Grundbegriffen. Lexikon zur historischen Semantik in Deutschland“**, gefördert im Programm Leibniz-Kooperative Exzellenz, Leitung Prof. Dr. Ernst Müller, Zentrum für Literaturforschung Berlin

**Mitwirkung im Projekt LeDiLe (Lebensformen in Digitalisierten Lebenswelten)**, gefördert vom BMBF, Leitung Dr. Bruno Gransche, Karlsruher Institut für Technologie

#### **Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations**

- Dr. Alexander Friedrich, Zentrum für Literaturforschung Berlin, Deutschland
- Dr. Stefan Höhne, Kulturwissenschaftliches Institut (KWI), Essen, Deutschland
- Prof. Dr. Browyn Parry, King’s College London, UK
- Prof. Dr. Katharina Rohlfing, Universität Paderborn, Deutschland
- Dr. Sylvain Kubler, Université Luxembourg, Luxemburg
- Prof. Dr. Kary Främling, Umeå University, Schweden
- Prof. Dr. Tobias Matzner, Universität Paderborn, Deutschland

## Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Publikationen Publications

Corall, N. "Voluntary Submission and the Politics of Truth": Nietzsche and Foucault on the Danger of the Fully Normalised "Last Human". Nietzsche and the Politics of Difference, edited by Andrea Rehberg and Ashley Woodward, Berlin, Boston: De Gruyter, 2022, pp. 95 – 120.

Corall, N. "The Greatest Advantage of Polytheism: Monotheism and Normalization through Truth". Nietzsche's Gods: Critical and Constructive Perspectives, edited by Russell Re Manning and Carlotta Santini, Berlin, Boston: De Gruyter, 2022, pp. 221 – 240.

Ficara, E. (2022) Hermeneutik zwischen Logik und Ethik. In: U. Körtner (Hg.), Ethik in der Hermeneutik – Hermeneutik in der Ethik, Bd. 3, Paderborn: Schönningh, 25 – 38.

Ficara, E. (im Erscheinen): What does it mean that contradiction is the rule of truth? In: Monique Whitaker and Jonathan O. Chimakonam (Eds.), Contemporary Debates in African and Western Philosophy. Analytic and Intercultural Approaches, London: Bloomsbury.

Ficara, E. (im Erscheinen): The Logic of "Vereinigung". In: Themes from Beall – Special Issue of the Asian Journal of Philosophy.

Ficara, E. (im Erscheinen): Hegel on Universals. In: K. Vieweg und E. Plevrakis, Hegels Philosophie der Realität.

Ficara, E. (im Erscheinen): Dialectical Jesus. In: J. Rutledge (Ed.), Contradictions and Paradoxes in Theology, London: Routledge.

Ficara, E. (im Erscheinen): Dialectics between Logic and Politics. In: G. Schäfer (Ed.), Hegel's Logic and Politics.

Milkov, N. (im Erscheinen): Hermann Lotze's Influence on the Twentieth Century Philosophy. Berlin–New York: de Gruyter, Series New Studies in the History and Historiography of Philosophy.

Milkov, N. (2022): "Mauro Luiz Engelmann: Reading Wittgenstein's Tractatus. Cambridge: Cambridge University Press, 2021", Nordic Wittgenstein Review 11 (2022)

Milkov, N. (2022): "The Brave New World: The Political Turn of 2014 – 2016, its Causes and its Implications", in: M. Marinov (ed.), Transformations and Challenges in the Global World, Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing, 2022, pp. 37 – 43.

Peckhaus, V. (2022): Christian Thiel, Fregeana. Zwölf Studien über Freges Logik, hg. v. Volker Peckhaus, Brill mentis: Paderborn, XII + 247 S. (ISBN 978-3-95743-265-0).

Peckhaus, V. (2022): „Einleitung“ zu: Christian Thiel, Fregeana. Zwölf Studien über Freges Logik, hg. v. Volker Peckhaus, Brill/Mentis: Leiden, IX – XII.

Peckhaus, V. (2022): 8 Rezensionen für Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete. Peckhaus, V. (2022): 4 Rezensionen für Mathematical Reviews.

Reinhart, M. (2022): "Arthur Schopenhauer und das Manifest des Wiener Kreises. Argumente einer logisch-empiristischen Wissenschaftstheorie". In: Das Hauptwerk. 200 Jahre Arthur Schopenhauers 'Die Welt als Wille und Vorstellung'. Akten des Jubiläumskongresses der Schopenhauer-Gesellschaft Frankfurt am Main vom 23. bis 26. Oktober 2019. Beiträge zur Philosophie Schopenhauers, Bd. 26. Hg.: Dieter Bimbacher, Mathias Koßler. Königshausen & Neumann: Würzburg, 79 – 104.

Vagnetti, M (2022): Review of Lotze R. H., Medizinische Psychologie oder Physiologie der Seele, Nikolay Milkov (ed.), (Berlin: Springer, 2021), in Journal of the History of the Behavioral Sciences, 2022, 1 – 4.

Vagnetti, M. (2022): Review of G. Gabriel, "Präzision und Prägnanz" (Mentis, Paderborn 2019), in «Rivista di Filosofia Neo-Scolastica», Anno CXIV, 204 – 207.

### Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

2022 – 2023: Verlängerung des Stipendiums der Hertz Stiftung für das Projekt: „Hermann Lotzes Philosophie im Kontext“. Das Projekt soll das Gedankengut von Jakob Friedrich Fries (1773 – 1843) und dessen Einfluss auf die deutsche Philosophie im 19. und frühen 20. Jahrhundert untersuchen (Michele Vagnetti)

## Philosophy of Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

### Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

Workshop über „Logic and Politics“, UNILOG Conference and School, Orthodox Academy of Crete, (Elena Ficara)  
5. – 11.4.2022

Digitale Seminar-Reihe zu "Hegel and Dialektik", City University of New York, Hong Kong University, Universität Paderborn (Elena Ficara)  
27.9.2021 – 4.2.2022

### Weitere Funktionen Additional functions

- Mitglied des geschäftsführenden Vorstands des Heinz Nixdorf Instituts
- Dekan der Fakultät für Kulturwissenschaften der Universität Paderborn
- Mitglied des Senats der Universität Paderborn
- Mitglied der Interakademischen Leibniz-Kommission (Akademie der Wissenschaften zu Göttingen, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften)
- 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 (Volker Peckhaus)
- Mitwirkung an der Neuausgabe der Logik von Immanuel Kant (Akademieausgabe) (Volker Peckhaus)

- Mitherausgeber von David Hilbert/Paul Bernays, Grundlagen der Mathematik (Volker Peckhaus)
- Herausgabe der Werke von Paul Bernays (Mitwirkung) (Volker Peckhaus)
- Phänomen und Konstrukt. Oskar Beckers Philosophie der Mathematik (Eigenprojekt Ronny Becker)
- Projekt finanziert von der Heinrich Hertz Stiftung mit dem Titel: „Hermann Lotzes Philosophie im Kontext“ (Vagnetti)
- Mathematische Ästhetik. Eine rationalistische Deutung perspektivischer Modallogik (Promotionsprojekt Monja Reinhart)
- Strategien zur Begründung von Grundsatz- bzw. Prinzipiensystemen (Promotionsprojekt Désirée Olescher)

## Impressum

### Herausgeber

Heinz Nixdorf Institut  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler (Vorstandsvorsitzender)

### Redaktion & Koordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Anna Steinig, M.A.  
E-Mail: redaktion@hni.upb.de

### Kontakt

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institut | Universität Paderborn  
Fürstenallee 11 | 33102 Paderborn  
Telefon: +49 5251 | 60 62 11

### Realisierung und Herstellung

Franziska Reichelt, Anna Steinig

### Bildnachweise

Cover: 1. Reihe 1. Bild, 2. Reihe 1. Bild, 2. Reihe 2. Bild, 4. Reihe,  
© Universität Paderborn/Besim Mazhiqi; 1. Reihe 2. Bild:  
© Universität Paderborn/Groppe; 2. Reihe 3. Bild: © Adobe Stock/  
Blue Planet Studio; 3. Reihe 1. Bild: © AdobeStock/sittinan; 3.  
Reihe 2. Bild: © iStock/Bannosuke; 5. Reihe 1. Bild: © iStock/  
Besjunior; 6. Reihe © Jörg Ullmann  
Seiten 12/13: © Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey  
Nivens, Maksim Kabakou  
Seiten 12/13, 38 © AdobeStock/Gorodenkoff  
Seiten 40/41, 44, 47: © it's OWL  
Seite 45: © Neura Robotics GmbH  
Seiten 18/19: © Adobe Stock/Blue Planet Studio  
Seiten 20/21: © Adobe Stock/kasto  
Seiten 32/33, 96/97: © Universität Paderborn/Groppe  
Seiten 34/35, 98, 100, 104: © Universität Paderborn/Adamski  
Seite 39: © Marius Knutsen/TrAM Konsortium  
Seite 39: © Fraunhofer IEM/David Gense  
Seiten 22/23, 24/25, 30/31, 50, 51, 54, 70, 72, 73, 75, 81, 83,  
94, 106, 118, 132, 144, 156, 164, 172: © Universität Paderborn/  
Besim Mazhiqi  
Seiten 60/61: © iStock/Bannosuke  
Seite 69: © Universität Paderborn/Frauke Doell  
Seite 79: © AdobeStock/Parradee  
Seiten 84/85: © AdobeStock/narawit  
Seite 101: © Produktentstehung, Heinz Nixdorf Institut  
Seiten 108/109: © Jörg Ullmann  
Seiten 134/135: © AdobeStock/Dan74  
Seite 139: © Universität Paderborn/AG Silberhorn  
Seiten 146/147: © AdobeStock/sittinan  
Seiten 158/159: © Jean Marc Cote (if 1901) or Villemard (if 1910)  
Seite 163: © iStock/Besjunior

### Berichtszeitraum

1. Januar bis 31. Dezember 2022

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. habil. Ansgar Trächtler (President)

### Editor & coordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt  
Anna Steinig, M.A.  
E-mail: redaktion@hni.upb.de

### Contact

Kerstin Hille  
Heinz Nixdorf Institute | Paderborn University  
Fuerstenallee 11 | 33102 Paderborn  
Phone: +49 5251 | 60 62 11

### Realisation and production

Franziska Reichelt, Anna Steinig

### Picture credits

Cover: 1st row 1st picture, 2nd row 1st picture, 2nd row 2nd picture,  
4th row: © Universität Paderborn/Besim Mazhiqi; 1st row 2nd picture:  
© Universität Paderborn/Groppe; 2nd row 3rd picture: © Adobe  
Stock/Blue Planet Studio; 3rd row 1st picture: © AdobeStock/sittinan;  
3rd row 2nd picture: © iStock/Bannosuke; 5th row 1st picture: ©  
iStock/Besjunior; 6. Reihe © Jörg Ullmann  
pages 12/13: © Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey  
Nivens, Maksim Kabakou  
pages 12/13, 38 © AdobeStock/Gorodenkoff  
pages 40/41, 44, 47: © it's OWL  
page 45: © Neura Robotics GmbH  
pages 18/19: © Adobe Stock/Blue Planet Studio  
pages 20/21: © Adobe Stock/kasto  
pages 32/33, 96/97: © Universität Paderborn/Groppe  
pages 34/35, 98, 100, 104: © Universität Paderborn/Adamski  
page 39: © Marius Knutsen/TrAM Konsortium  
page 39: © Fraunhofer IEM/David Gense  
pages 22/23, 24/25, 30/31, 50, 51, 54, 70, 72, 73, 75, 81, 83, 94,  
106, 118, 132, 144, 156, 164, 172: © Universität Paderborn/  
Besim Mazhiqi  
pages 60/61: © iStock/Bannosuke  
page 69: © Universität Paderborn/Frauke Doell  
page 79: © AdobeStock/Parradee  
pages 84/85: © AdobeStock/narawit  
page 101: © Produktentstehung, Heinz Nixdorf Institut  
pages 108/109: © Jörg Ullmann  
pages 134/135: © AdobeStock/Dan74  
page 139: © Universität Paderborn/AG Silberhorn  
pages 146/147: © AdobeStock/sittinan  
pages 158/159: © Jean Marc Cote (if 1901) or Villemard (if 1910)  
page 163: © iStock/Besjunior

### Period of review:

1 January until 31 December 2022

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)