

HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



Mitglieder des Vorstands

Members of board of directors

Gruppe der Professoren:

Professor group:

Prof. Dr. Eric Bodden*
Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Prof. Dr. René Fahr
Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler
Prof. Dr. 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:

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

Gruppe der weiteren Mitarbeiter:

Non-academic staff:

Dipl.-Ing. Wilfried Bröckelmann

Gruppe der Studierenden:

Student group:

Theresa Scheutzow

Mitglieder des Kuratoriums

Members of curatorship

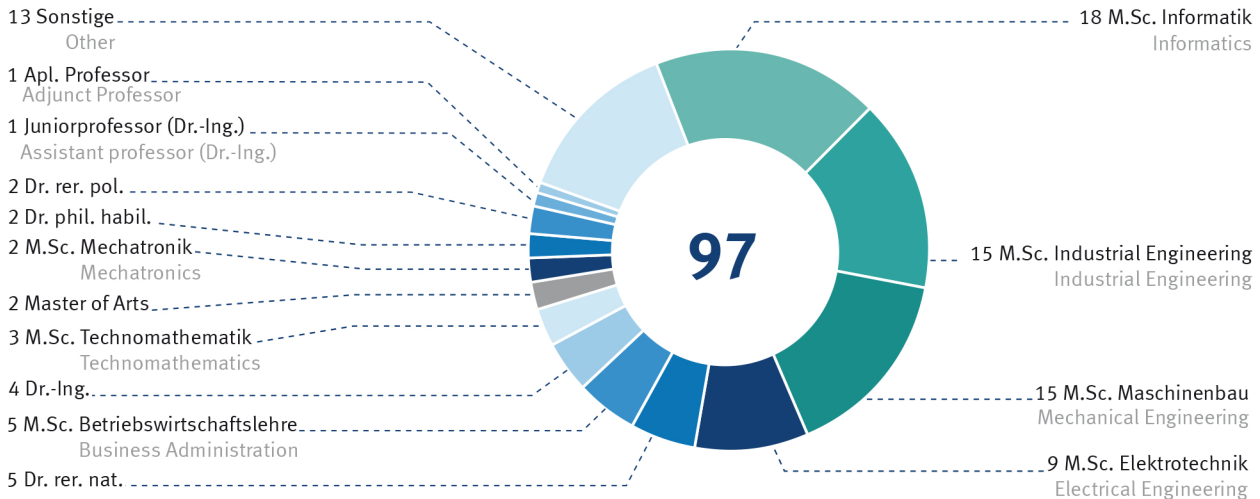
Michael Dreier, Bürgermeister der Stadt Paderborn
Prof. Dr.-Ing. Georg Fischer, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Prof. Dr.-Ing. Norbert Gronau, Universität Potsdam
Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Prof. Dr. Jan Lunze, Ruhr-Universität 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

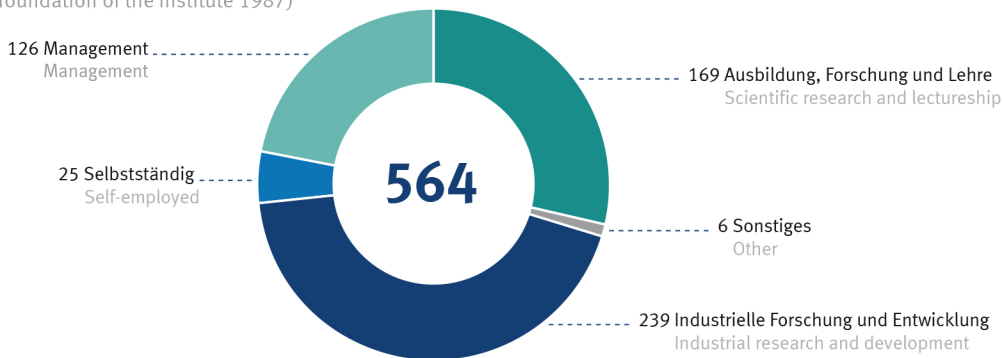


Tätigkeitsbereiche promovierter Absolventinnen und Absolventen

Activities of employees with PhD

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

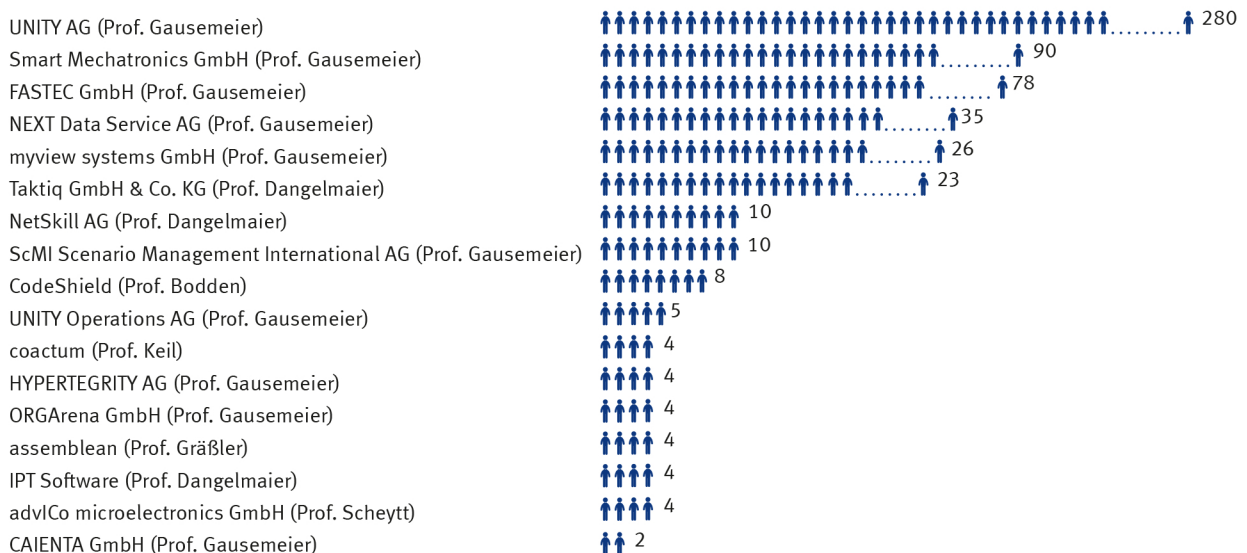


Spin-Offs aus dem Heinz Nixdorf Institut

Jobs at spin-offs of the Heinz Nixdorf Institute

(seit Gründung des Instituts 1987)

(since foundation of the institute 1987)

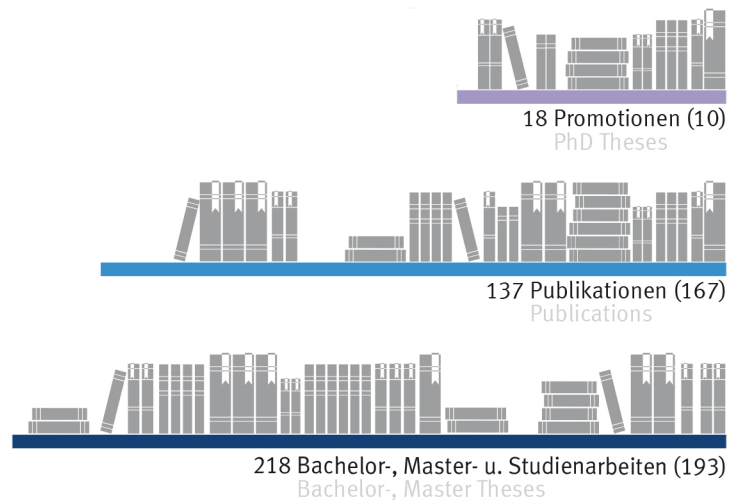


Wissenschaftliche Arbeiten und Publikationen

Scientific results and publications

(Vorjahr 2020)

(Previous year 2020)

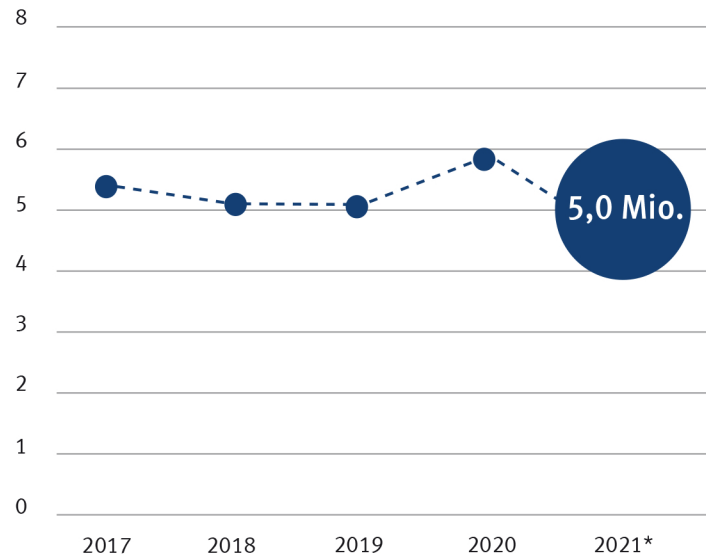


Drittmittel

External funds

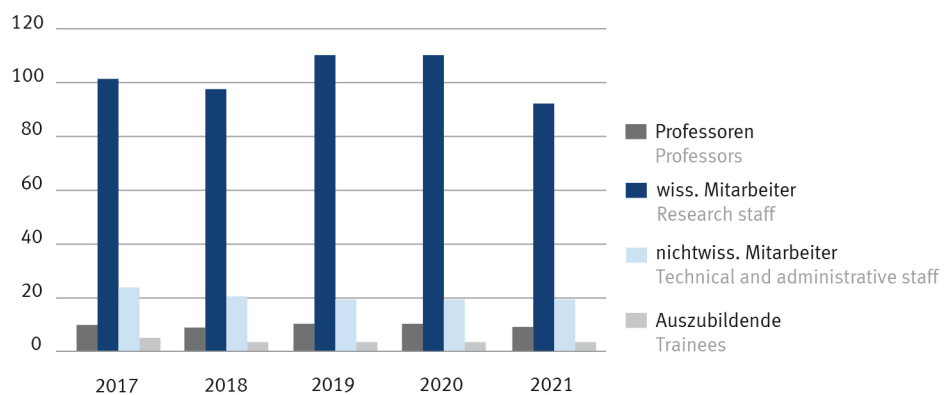
Drittmittel in Mio. EURO
Third-party funds in Mill. EUR

*geschätzter Wert
*estimated value

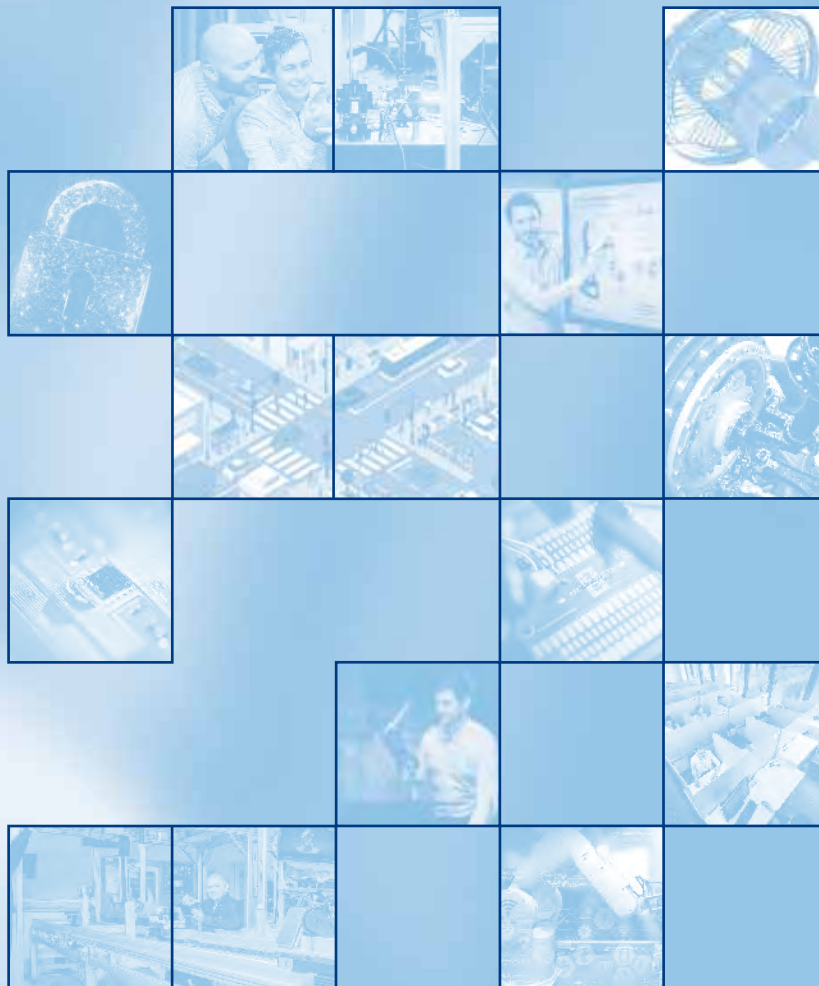


Anzahl der Beschäftigten

Number of employees



HEINZ NIXDORF INSTITUT INSTITUTE



Jahresbericht
Annual Report **2021**

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

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

Fachgruppen des Instituts

Seite 62	Secure Software Engineering Prof. Dr. Eric Bodden
Seite 74	Advanced Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Seite 86	Behavioral Economic Engineering and Responsible Management Prof. Dr. René Fahr
Seite 98	Produktentstehung Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler
Seite 110	Algorithmen und Komplexität Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy
Seite 124	Schaltungstechnik Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt
Seite 136	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 39
Internationality	Page 51
Commitment to support young researchers	Page 53

Workgroups of the institute

Secure Software Engineering Prof. Dr. Eric Bodden	Page 63
Advanced Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu	Page 75
Behavioral Economic Engineering and Responsible Management Prof. Dr. René Fahr	Page 87
Product Creation Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler	Page 99
Algorithms and Complexity Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide Assistant Prof. Dr. Gleb Polevoy	Page 111
System and Circuit Technology Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt	Page 125
Control Engineering and Mechatronics Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler	Page 137

Assoziierte Fachgruppe

Seite 148 **Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik**
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Associated workgroup

Philosophy of Science and Technology **Page 149**
Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Weitere Aktivitäten

Seite 156 **Publikationen**
Promotionen
Messen, Tagungen, Seminare
Patente, Preise, Auszeichnungen
Weitere Funktionen
Spin-Offs
Aktuelle Forschungsprojekte
Aktuelle Industriekooperationen
Wissenschaftliche Kooperationen

Umschlag **Impressum**

Additional activities

Publications **Page 157**
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/inn/en und mit dem Ziel, ihnen die erforderlichen Kompetenzen für die Gestaltung der Zukunft zu vermitteln.

Messbare Ziele

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

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

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

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 19 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
	ImPaKT	SPP 2111		SPP 2111	DizRuPt
	Flexible Arbeitswelten		Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten
	Leicht-Effizient-Mobil		Defense in Depth (DiD)	Defense in Depth (DiD)	
	DART				
	BIKINI				
B Distributed IT-Systems, Platforms	KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz	KI Marktplatz
	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901	SFB 901
		METERACOM	SCALE4EDGE	SCALE4EDGE	
	ImPaKT	TRR 142	Defense in Depth (DiD)	Defense in Depth (DiD)	
			CROSSING	CROSSING	SeRoNet
			SAFE4I	SAFE4I	
C Sociotechnical Systems, Markets		SPP 2111		SPP 2111	
	ImPaKT		Defense in Depth (DiD)	Defense in Depth (DiD)	
	BIKINI		NERD.NRW	IMPRESS	IMPRESS
	Flexible Arbeitswelten		Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten	Flexible Arbeitswelten

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

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

- SFB 901: Seite 12 | Page 13
- SPP 2111: Seite 16 | Page 17
- KI Marktplatz: Seite 18 | Page 19
- Flexible Arbeitswelten: Seite 22 | Page 23
- it's OWL: Seite 42 | Page 43
- DizRuPt: Seite 78 | Page 79
- IMPRESS: Seite 80 | Page 81
- ImPaKT: Seite 102 | Page 103
- SCALE4EDGE: Seite 132 | Page 133
- DART: Seite 144 | Page 145

Individualisierte IT-Dienstleistungen in dynamischen Märkten

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



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

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

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

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

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

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

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

Individualised IT services in dynamic markets

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

SFB 901
ON - THE - FLY COMPUTING

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

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

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

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

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

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

Start eines neuen Transferprojekts

In diesem Jahr konnte der SFB 901 ein weiteres, inzwischen das dritte, Transferprojekt starten. Zum 1. September 2021 wurde von der DFG die Förderung des Transferprojekts T3 „Automatisierte Risikoanalyse in Bezug auf Open-Source-Abhängigkeiten (Hektor)“ genehmigt. Aufbauend auf den im Projektbereich B des SFB entwickelten Techniken zur Qualitätssicherung von Services in OTF-Märkten erforscht das Konsortium um das Mitglied des Heinz Nixdorf Instituts Professor Eric Bodden zusammen mit dem Industriepartner SAP SE, wie diese Techniken für das sichere Handling von Open-Source-Abhängigkeiten in großen Software-Entwicklungs-Ökosystemen angewendet werden können. Zu diesem Zweck wird in der dreijährigen Laufzeit von T3 zusammen mit der SAP SE ein Werkzeugkasten aufgebaut, der Entwickler*innen bei der Abschätzung des Risikos unterstützt, welches durch die Verwendung von Software-Services von Drittanbieter*innen entsteht, d. h. der/die Entwickler/in soll Schwachstellen zuverlässig identifizieren können, selbst in Situationen, in denen der entsprechende Code neu verpackt oder aus dem Quellcode neu kompiliert wurde. Darüber hinaus wird der Werkzeugkasten durch geeignete Gegenmaßnahmen Entwickler*innen ermöglichen, die Angriffsfläche ihrer Anwendungen zu minimieren und ihre Ausführung gegen bestimmte Schwachstellen wirksam zu schützen.

Diverse Rufe an Mitglieder des SFB 901

Im Jahr 2021 haben nicht zuletzt auch durch ihre erfolgreichen Arbeiten im SFB 901 diverse Mitglieder Rufe auf Professuren an anderen Universitäten und Forschungseinrichtungen erhalten. Neben dem Mitglied des Heinz Nixdorf Instituts Professor Eyke Hüllermeier (ad personam Ruf an die Ludwig-Maximilians-Universität München) sind Professorin Heike Wehrheim (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg), Professorin Nancy Wunderlich (Technische Universität Berlin), Professor Holger Karl (Hasso-Plattner-Institut Potsdam) sowie Dr. Daniel Kaimann (Erasmus-Universität Rotterdam) den erhaltenen Rufungen gefolgt und haben an den genannten Einrichtungen neue Aufgaben gefunden. Erfreulicherweise konnten wir aber alle Genannten im SFB 901 weiterhin als externe Mitglieder halten, so dass dem erfolgreichen Fortgang des SFB bis zu seinem regulären Ende am 30. Juni 2023 nichts im Wege steht.



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



sfb901.upb.de



Der Sprecher des SFB 901, Prof. Dr. Friedhelm Meyer auf der Heide, bei der Eröffnungsrede zum HNI Symposium 2016
The speaker of the CRC 901, Prof. Dr. Friedhelm Meyer auf der Heide, during the opening speech of the HNI Symposium 2016.

Heinz Nixdorf Symposium 2022

Für den 15.-16. September 2022 plant der SFB 901 die Ausrichtung des nächsten Heinz Nixdorf Symposiums. Das Symposium soll sich an Forscher*innen, aber auch an Praktiker*innen aus der Industrie und anderen Einrichtungen richten, die im weiteren Sinne an Themen des SFB forschen oder arbeiten. Durch hochkarätige Vortragende, interessante Workshops und ein exzellentes Rahmenprogramm wollen wir den SFB, das Heinz Nixdorf Institut und den Forschungsstandort Paderborn noch stärker in den entsprechenden Communities sichtbar machen.

ICALP 2023

Zum regulären Ende des SFB 901 zur Jahresmitte 2023 wird vom 10.–14. Juli im Heinz Nixdorf MuseumsForum ein weiteres wissenschaftliches Highlight unter maßgeblicher Beteiligung der Mitglieder des SFB stattfinden – das 50. Internationale Kolloquium über Automaten, Sprachen und Programmierung (ICALP). Die ICALP ist die wichtigste Konferenz und Jahrestagung der Europäischen Vereinigung für Theoretische Informatik (EATCS). Die Konferenz wurde 1972 ins Leben gerufen und deckt alle Aspekte der theoretischen Computerwissenschaft ab. Im Rahmen der Jahrestagung vergibt die EATCS unter anderem auch sehr renommierte Wissenschaftspreise: Der Gödel-Preis (benannt nach dem bedeutenden Logiker Kurt Gödel) wird seit 1993 für herausragende Veröffentlichungen in der theoretischen Informatik in Kooperation mit der „Special Interest Group on Algorithms and Computation Theory“ (SIGACT) der „Association for Computing Machinery“ (ACM) verliehen. Der EATCS-Award wird seit 2000 jährlich an herausragende theoretische Informatiker*innen für ihr Lebenswerk vergeben. Zudem wird seit 2010 der Presburger Award (benannt nach Mojzesz Presburger, der als Student in 1929 die Presburger-Arithmetik erfand) an hervorragende Nachwuchswissenschaftler*innen vergeben. Übrigens richtete das Mitglied des Heinz Nixdorf Instituts und der jetzige Sprecher des SFB 901, Professor Friedhelm Meyer auf der Heide, zusammen mit seinem damaligen Kollegen Professor Burkhard Monien die 23. ICALP schon einmal in Paderborn aus. Also: „Save the date!“

Start of a new transfer project

This year, the CRC 901 was able to start the third transfer project. As of 1 September 2021, the DFG approved the funding of the transfer project T3 “Automated risk analysis with respect to open-source-dependencies (Hektor)”. Building on the techniques for quality assurance of services in OTF markets developed in project area B of the CRC, the consortium led by member of the Heinz Nixdorf Institute Professor Eric Bodden, together with industry partner SAP SE, is researching how these techniques can be applied for the secure handling of open source dependencies in large software development ecosystems. For this purpose, a toolkit will be built together with SAP SE during the three-year term of T3 to support developers in assessing the risk that arises from the use of third-party software services, i.e. the developer should reliably identify vulnerabilities even in situations where the corresponding code has been repackaged or recompiled from source. In addition, the toolkit is intended to enable developers to minimise the attack surface of their applications and to effectively protect their execution against specific vulnerabilities by taking appropriate countermeasures.



Einige Honorarier*innen und Gäste beim HNI Symposium 2016 im Auditorium des Heinz Nixdorf MuseumsForums.
Some dignitaries and guests at the HNI Symposium 2016 in the auditorium of the Heinz Nixdorf MuseumsForum.

Various calls to members of the CRC 901

In 2021, not least due to their successful work in CRC 901, various members have received calls on professorships at other universities and research institutions. In addition to member of the Heinz Nixdorf Institute Professor Eyke Hüllermeier (ad personam call to Ludwig-Maximilians-Universität München), Professor Heike Wehrheim (Carl von Ossietzky Universität Oldenburg), Professor Nancy Wunderlich (Technische Universität Berlin), Professor Holger Karl (Hasso-Plattner-Institut Potsdam) and Dr Daniel Kaimann (Erasmus University Rotterdam) followed the calls and found new tasks at the institutions mentioned. Fortunately, we were able to keep all of them as external members of the CRC 901 so that nothing stands in the way of the successful continuation of the CRC until its regular end on 30 June 2023.

Heinz Nixdorf Symposium 2022

For 15–16 September 2022, the CRC 901 plans to host the next Heinz Nixdorf Symposium. The symposium is intended for researchers but also for practitioners from industry and other institutions who are researching or working on CRC topics in a broader sense. With top-class speakers, interesting workshops and an excellent supporting programme, we want to make the CRC, the Heinz Nixdorf Institute and the research location Paderborn even more visible in the relevant communities.

ICALP 2023

At the regular end of the CRC 901 in the middle of the year 2023, another scientific highlight will take place from 10–14 July at the Heinz Nixdorf MuseumsForum with significant participation of the members of the CRC – the 50th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP). The ICALP is the most important conference and annual meeting of the European Association for Theoretical Computer Science (EATCS). The conference was established in 1972 and covers all aspects of theoretical computer science. Within its annual meeting, the EATCS also awards, among other things, very prestigious scientific prizes: The Gödel Award (named after the eminent logician Kurt Gödel) has been awarded since 1993 for outstanding publications in theoretical computer science in co-operation with the “Special Interest Group on Algorithms and Computation Theory” (SIGACT) of the “Association for Computing Machinery” (ACM). The EATCS Award has been presented annually since 2000 to outstanding theoretical computer scientists for their lifetime achievements. In addition, the Presburger Award (named after Mojzesz Presburger, who invented Presburger arithmetic as a student in 1929) has been given to outstanding young scientists since 2010. By the way, the member of the Heinz Nixdorf Institute and current speaker of the CRC 901, Professor Friedhelm Meyer auf der Heide, together with his colleague Professor Burkhard Monien at that time, already hosted the 23rd ICALP once in Paderborn. So: “Save the date!”



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



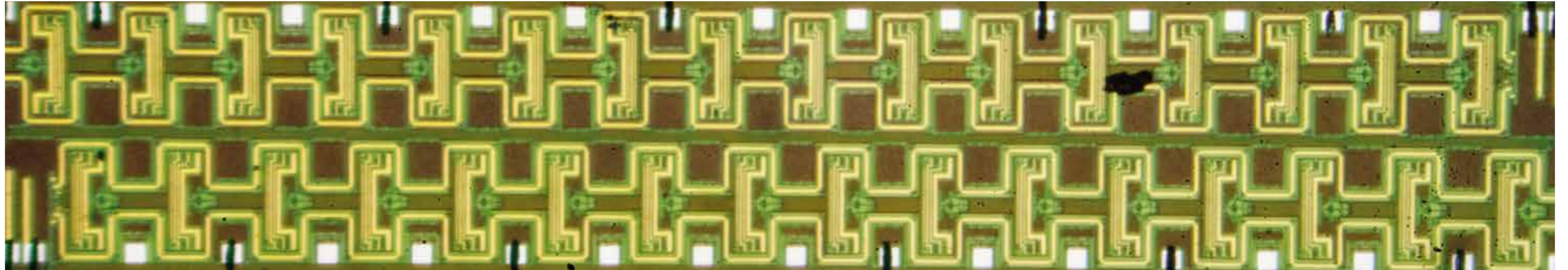
Supported by: German Research Foundation (DFG)



sfb901.upb.de

DFG-Schwerpunktprogramm SPP2111

Elektronisch-photonische Signalverarbeitung mit nanophotonischen/-elektronischen ICs




Im Schwerpunktprogramm „Integrierte elektronisch-photonische Systeme für die ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SP2111) untersuchen 17 Forschergruppen aus Deutschland neue elektronisch-photonische Systeme auf Basis der Siliziumphotonik-Technologie. Das Schwerpunktprogramm wird von der DFG gefördert und von Professor Scheytt koordiniert. Es wurde kürzlich um weitere drei Jahre verlängert.


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

Im Verlauf der ersten Phase des SPP (2018 bis 2021) haben sich besonders drei Forschungsgebiete als zukunftsweisend herausgestellt. Zum einen lassen sich mit elektronisch-photonischen integrierten Schaltungen neuartige extrem schnelle Analog-Digital-Wandler und Digital-Analog-Wandler realisieren. Ein weiteres Forschungsgebiet betrifft die Signalverarbeitung mit sehr hoher Bandbreite bis hin zu Bandbreiten von mehr als 1 THz (1 THz = 1000 GHz). Ein dritter Forschungsbereich betrifft die Frequenzerzeugung mit extrem kleinem Rauschen, die insbesondere durch miniaturisierte modengekoppelten Lasern ermöglicht wird. Die Begutachtung für die Projekte der zweiten Phase fand im Mai 2021 statt. Die DFG stellte hierzu für das Gesamtprogramm, dessen Start für

Januar 2022 erwartet wird, einen Betrag von sechs Millionen Euro zur Verfügung.

Neben der Koordination des Schwerpunktprogramms in der zweiten Phase des SPP hat sich die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ mit zwei Projekten zu elektronisch-photonischen Analog-Digital-Wandlern und Digital-Analog-Wandlern beworben. Das Foto zeigt einen elektronisch-photonischen Treiber-Modulator-Chip mit 30 GHz Bandbreite in einer modernen Siliziumphotonik-Technologie, der in der Fachgruppe entwickelt wurde. Der Chip wird in breitbandigen photonischen Digital-Analog-Wandlern eingesetzt.

 **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


DFG priority programme SPP2111

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

In the priority programme “Integrated electronic-photonic systems for ultra-wideband signal processing” (SP2111), 17 research groups from Germany are investigating new electronic-photonic systems based on silicon photonics technology. The priority programme is funded by the DFG and coordinated by Professor Scheytt. It was recently prolonged by another three years.

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

In the course of the first phase (2018 to 2021), three fields of research have proved to be of particular interest. On the one hand, electronic-photonic integrated circuits allow the realisation of novel, extremely fast analogue-digital converters and digital-analogue converters. Another research area concerns signal processing with very high bandwidth up to bandwidths of more than 1 THz (1 THz = 1000 GHz). A third research area pertains to frequency generation with extremely low noise, which is made possible by miniaturised mode-locked lasers. In May 2021, the review for the second phase proposals took place. A total budget of six million euros is allocated by DFG to the project of the second phase of the SPP which is expected to start in January 2022.

 **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

In addition to the coordination of the priority programme in the second phase, the “System and Circuit Technology” workgroup of the Heinz Nixdorf Institute applied for two projects dealing with electronic-photonic analogue-to-digital converters and digital-to-analogue converters. The micro-photograph shows an electro-optic driver-modulator chip with more than 30 GHz bandwidth for optical digital-to-analogue converters in an advanced silicon photonic technology, which was developed by the workgroup.

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. Die Vision ist ein Marktplatz, der neben einem intelligenten Matching auch einen geschützten Raum für sicheren Datenaustausch und Datensouveränität bietet. Hinzu kommen soll ein App-Store für KI-Lösungen sowie ein Angebot an umfassenden KI-Lösungen in Form eines Baukastens.

Anja Rasor arbeitet seit 2020 in der Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“ des Heinz Nixdorf Instituts und ist seitdem im KI-Marktplatz involviert. Im Interview beantwortet sie aktuelle Fragen rund um das Projekt.

Frau Rasor, was sind Ihre Aufgabenschwerpunkte im KI-Marktplatz?

Im KI-Marktplatz nehmen wir als Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“ die Rolle des Konsortialführers ein. Meine persön-

lichen Aufgabenschwerpunkte adressieren dabei die Konzipierung der Plattform und die Entwicklung der Aufbaustrategie.

Was zeichnet den KI-Marktplatz besonders aus?

Mit der Plattform des KI-Marktplatzes möchten wir Industrieunternehmen und KI-Anbieter*innen dazu befähigen, KI-Anwendungen zu entwickeln. Der Fokus liegt dabei auf der Produktentstehung.

Warum wird der Fokus auf die Produktentstehung gelegt?

Aktuell werden zwar viele KI-Anwendungen entwickelt und implementiert, jedoch noch nicht in der Produktentstehung. Aber genau hier verbergen sich sehr viele Potenziale für Industrieunternehmen, die noch nicht ausgeschöpft werden. Um ein paar Zahlen zu nennen: Durch KI-Anwendungen in der Produktentstehung können Industrieunternehmen laut einer PwC-Studie ihre Entwicklungskapazität um bis zu 19 Prozent erhöhen, ihre Herstellungskosten um bis zu 13 Prozent senken und die Entwicklungszeit um bis zu 17 Prozent reduzieren.

*Was verspricht der KI-Marktplatz seinen Nutzer*innen?*

Die große Vision des KI-Marktplatzes ist ein faires, transparentes und auch vertrauenswürdige Ökosystem für künstliche

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 an important key to innovative and efficient product creation. With the AI Marketplace, we are creating an ecosystem that is unique in Germany and 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. Our vision is a marketplace that intelligently links platform users according to their supply and demand profile, while at the same time providing a protected space for secure data exchange and data sovereignty. In addition, an app store for AI applications that can be used directly by companies will be created as well as a toolkit that will allow individual AI components to be configured into complete solutions tailored to the needs of individual companies.

Anja Rasor is working in the “Advanced Systems Engineering” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute since 2020 and has been involved in the AI Marketplace since then. In this interview, she answers some of the current questions about the project.

Ms Rasor, what are your main tasks in the AI marketplace?

As the “Advanced Systems Engineering” workgroup, we

assume the role of the consortium leader in the AI Marketplace. My personal main tasks address the conception of the platform and the progress of the buildup strategy.

What makes the AI marketplace so special?

With the platform of the AI marketplace, we want to enable industrial companies and AI providers to develop AI applications. The focus is set on product creation.

Why is the focus placed on product creation?

Many AI applications are currently being developed and implemented, but not yet in product development. But it is precisely here that there is a great deal of potential for industrial companies that has not yet been fully exploited. Here are a few figures: according to a recent PwC-study, industrial companies can increase their development capacity by up to 19 percent, reduce their manufacturing costs by up to 13 percent and reduce development time by up to 17 percent, through AI applications in product creation.

What does the AI-Marketplace promise its users?

The great vision of the AI Marketplace is a fair, transparent and trustworthy ecosystem for artificial intelligence in product

Intelligenz in der Produktentstehung. In erster Linie wollen wir KI-Anwender*innen und -Anbieter*innen mithilfe eines intelligenten Algorithmus zusammenbringen und echte industrielle Herausforderungen lösen. Und damit gehen wir den ersten Schritt, KI-Potenziale in der Produktentstehung zu erschließen.

Was waren die Projekt-Highlights und -Fortschritte im Jahr 2021?

Eine Herausforderung bei der Entwicklung von KI-Anwendungen für die Produktentstehung ist die Sensibilität der Daten. Vor diesem Hintergrund lag der Fokus im zweiten Projekt Jahr auf der Implementierung eines sicheren Datenraumes durch die Unterstützung der International Data Spaces Association, die eine Referenzarchitektur zur Gewährleistung der Datensicherheit und -souveränität zur Verfügung stellt. In diesem Jahr fanden außerdem viele erfolgreiche Veranstaltungen statt. Ein großes Ereignis war beispielsweise das Plattform-Launch-Event im Frühjahr, bei welchem unsere Plattform der Öffentlichkeit vorgestellt und präsentiert wurde. Neben einer Live-Demo der Plattform haben die Gäste spannende Keynotes und Beiträge zu aktuellen KI-Trends und weiteren Angeboten des KI-Marktplatzes zu sehen bekommen. Dabei kamen unterschiedliche Akteur*innen, Industrievertreter*innen, KI-Anbieter*innen und Beratungsunternehmen zu Wort. Ein weiteres wichtiges Ereignis in diesem Jahr war der Datathon, den wir gemeinsam mit dem KI-Reallabor organisiert haben. Bei dieser Veranstaltung konnten kreative und engagierte Hacker*innen, Data Analyst*innen und Data Scientists aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Unternehmen oder Start-ups reale Herausforderungen aus der Industrie lösen. Nicht zu vergessen ist auch der Hinterland Hack 2021. Bei diesem Großevent der Founders Foundation war der KI-Marktplatz als Challengegeber vor Ort und bekam innovative Lösungsideen präsentiert, die nun weiterentwickelt werden.

Welche (konkreten) Schritte sind für das kommende Jahr geplant?

Aufbauend auf der intelligenten Partnervermittlung, dem geschützten Datenraum sowie dem wachsenden Ökosystem wird der KI-Marktplatz um einen App-Store für die Produktentstehung erweitert. Darin werden konkrete KI-Anwendungen bereitgestellt, die mit überschaubarem Anpassungsaufwand von produzierenden Unternehmen genutzt werden können. Der Umfang des Stores wird von einfachen Assistenzfunktionen bis hin zu komplexen KI-Anwendungen reichen. Zudem sollen durch den Aufbau eines Toolkits standardisierte KI-Bausteine miteinander kombiniert werden können. So werden auch kleine und mittelständische Unternehmen langfristig in die Lage versetzt, durch das „Plug and Play“-Prinzip KI-Anwendungen selbst zusammenzustellen und in

ihre Prozesse zu integrieren, ohne dass sie dafür jedes Mal einen Dienstleister beauftragen müssen. Im kommenden Jahr freuen wir uns zudem wieder auf zahlreiche Events. So planen wir im Februar beispielsweise ein großes Meilensteintreffen mit unserem Konsortium und allen assoziierten Partner*innen. In unterschiedlichen Online-Veranstaltungen sollen außerdem unsere Pilotprojekte im Vordergrund stehen.

Für alle Interessent*innen: Welche Angebote und Beteiligungsmöglichkeiten bietet der KI-Marktplatz?

Der KI-Marktplatz bietet verschiedene Services an, mit denen die Potenziale von KI in der Produktentstehung in Unternehmen aufgezeigt und zugänglich gemacht werden. Für produzierende Unternehmen empfehlen wir unsere Vor-Ort Potenzialanalyse, mit der strukturiert Einsatzmöglichkeiten für künstliche Intelligenz identifiziert und bewertet werden. Als Ergebnis erhalten Unternehmen konkrete KI-Use Cases einschließlich Handlungsempfehlungen für die Umsetzung. Zudem können Unternehmen unseren AI-Readiness-Check nutzen, um herauszufinden, ob sie für den Einsatz von KI bereit sind. Neben einer Reifegradbestimmung bekommen sie dabei hilfreiche Tipps, um sich bestmöglich auf den Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Produktentstehung vorzubereiten. Mit dem Daten-Check-up unterstützt das KI-Marktplatz Team Unternehmen außerdem dabei, Datenstrukturen, Data Governance und Datendurchgängigkeit in Unternehmen zu optimieren. Eine assoziierte Partnerschaft gibt zudem die Möglichkeit, Teil des Netzwerks zu werden und unter anderem direkten Zugang zu den Angeboten und Forschungsergebnissen aus dem Projekt zu erhalten. Sprechen Sie uns bei Interesse gerne an! Allen Interessent*innen empfehlen wir zusätzlich, an unseren Veranstaltungen teilzunehmen. Diese bieten die Möglichkeit, sich mit Anbieter*innen, Expert*innen und Anwender*innen über Trends zum Thema KI auszutauschen.



Leon Özcan, M. Sc.
E-Mail: leon.oezcan@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 65 19



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



www.ki-marktplatz.com
plattform.ki-marktplatz.com



www.hni.upb.de/video/kimarktplatz

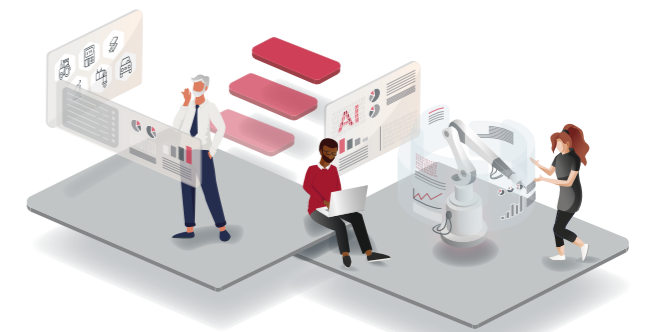
creation. First and foremost, we want to bring AI users and providers together with the help of an intelligent algorithm and solve real industrial challenges. Hence, we are taking the first step in developing AI potential in product development for industrial companies.

What were the project highlights and progress in 2021?

One challenge in the development of AI applications for product creation is the confidentiality of the data. Therefore, the focus in the second project year was on the implementation of a secure data space through the support of the International Data Spaces Association, which provides a reference architecture to ensure data security and sovereignty. One big event was, for example, the platform launch event in spring. At this event, our platform was presented to the public. In addition to a live demo of the platform, the guests got to see exciting keynotes and contributions on current AI trends and other offers on the AI Marketplace. Different actors, industry representatives, AI providers and consulting firms had their say. Another important event this year was the datathon, which we organised together with the AI real laboratory. At this event, creative and committed hackers, data analysts and data scientists from universities, research institutions, companies or start-ups were able to solve real challenges from industry. The Hinterland Hack 2021 was also a highlight this year. At this major event of the Founders Foundation, the AI Marketplace was on site as a challenge and was presented with innovative solution ideas that are now being further developed.

Which (concrete) steps are planned for the coming year?

Based on the intelligent matching service, the protected data space and the growing ecosystem, the AI Marketplace will be extended by an app store for product creation. It will provide concrete AI applications that can be used by manufacturing companies with a manageable amount of adaptation. The scope of the store will range from simple assistance functions to complex AI applications. In addition, the construction of a toolkit allows standardised AI modules to be combined with each other. In this way, even small and medium-sized companies are enabled in the long term to compile AI applications themselves and integrate them into their processes through the “plug and play” principle, without having to hire a service provider each time. We are also looking forward to numerous events again in the coming year. For example, we are planning a major milestone meeting with our consortium and all associated partners in February. Our pilot projects should also be in the foreground in various online events.



Durch den KI-Marktplatz werden KI-Lösungen für konkrete Anwendungsfälle aus der Industrie gefunden.

The AI marketplace provides AI solutions for specific industrial use cases.

For all interested parties: What offers and participation opportunities does the AI Marketplace offer?

The AI Marketplace offers various services with which the potential of AI in product creation in companies can be demonstrated and made accessible. For manufacturing companies, we recommend our on-site potential analysis, which is used to identify and evaluate possible applications for artificial intelligence in a structured manner. As a result, companies receive specific AI use cases including recommendations for action for implementation. Furthermore, companies can use our AI readiness check to find out whether they are ready to use AI. In addition to determining the degree of maturity, they will receive helpful tips to prepare themselves as best as possible for the use of artificial intelligence in product creation. With the data check-up, the AI Marketplace team also supports companies in optimising data structures, data governance and data consistency in companies. An associated partnership also gives the opportunity to become part of the network and, among other things, to get direct access to the offers and research results from the project. Please do not hesitate to contact us if you are interested! We also recommend taking part in our events. These offer the opportunity to exchange ideas with providers, experts and users about the AI trends.



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



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

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



www.ki-marktplatz.com/en

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 einem Kolleg werden die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt untersucht. Das andere Kolleg forscht an hybriden Leichtbautechnologien für nachhaltige Produkte.

Ein besonderes Augenmerk der Forschungskollegs liegt in der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit. Zur ganzheitlichen Betrachtung werden soziotechnische Ansätze in interdisziplinären Forscherteams entwickelt und mit der Zivilgesellschaft erörtert. Neue, innovative Handlungsfelder für die Zukunft im Land NRW werden identifiziert und im kontinuierlichen Austausch diskutiert.

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

Das FK GfA forscht zu der Arbeitswelt von morgen. Durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien ergeben sich neuartige Möglichkeiten zur flexiblen Rekonfiguration von Wertschöpfungsketten und damit einhergehend Effizienzsteigerungen. Neben den technischen Herausforderungen bei der Entwicklung von vernetzten Fabriken ist die Integration der Mitarbeiter*innen entscheidend. Auch in der Zukunft wird es keine menschenleere Fabrik geben. Für den Erfolg solcher Systeme müssen die Fähigkeiten und Bedürfnisse der Mitarbeiter*innen frühzeitig berücksichtigt werden. Dies kann durch die digitale Repräsentation des Menschen in Form eines digitalen Zwillings geschehen.

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

Im FK LEM wird die Anwendung von hybriden Bauteilen und Verbundwerkstoffen erforscht: Neue Methoden zur Auslegung, Entwicklung und Fertigung ermöglichen den Leichtbau im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau. Eine zentrale Rolle nimmt hierbei die Fachgruppe „Produktentstehung“ ein: Ziel der Forschung ist es, recyclingorientierte Konstruktionshinweise und wirtschaftliche Interessen und ressourcensparenden Leichtbau mithilfe eines geeigneten Komplexitätsmanagements zu kombinieren. Dadurch werden nachhaltige Produkte möglich, deren Produktleben bis in die Recyclingphase berücksichtigt wird.

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. One of the colleges is investigating the effects of digitalisation on the world of work. The other college is researching hybrid lightweight technologies for sustainable products.

The research colleges pay special attention to inter- and transdisciplinary cooperation. For a holistic view, socio-technical approaches are developed in interdisciplinary research teams and discussed with civil society. New, innovative fields of action for the future in the state of NRW are identified and discussed in continuous exchange.

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

The FK GfA conducts research on the working world of tomorrow. New information and communication technologies open up new possibilities for the flexible reconfiguration of value chains and the associated increases in efficiency. In addition to the technical challenges in the development of networked factories, the integration of employees is crucial. Even in the future, there will not be a factory without people. For the success of such systems, the abilities and needs of employees must be considered. This can be done through the digital representation of humans in the form of a digital twin.

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

The FK LEM researches the application of hybrid components and hybrid materials: New methods of design, development and production enable lightweight design in machine, plant and vehicle construction. The “Product Creation” workgroup plays a central role in this field: recycling-oriented design, economic interests and resource-saving lightweight construction are combined with the help of suitable complexity management. This approach enables sustainable product design considering lifecycle phases, including recycling.

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

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

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

Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)


Erforschung ökonomischer Fragestellungen mittels kontrollierter Laborexperimente



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 stellt eine wertvolle Forschungsmethode dar, um mithilfe kontrollierter Laborexperimente empirische Daten zur Untersuchung von ökonomischen Fragestellungen zu gewinnen, für die Datenerhebungen (z. B. in real existierenden Unternehmen) ansonsten nur schwer oder gar nicht realisiert werden können. In einem solchen ein- bis zweistündigen Laborexperiment treffen die Teilnehmer*innen im Rahmen einer spezifischen ökonomischen Situation Entscheidungen am Computer. Ähnlich zu klinischen Studien wird in ökonomischen Experimenten nur eine einzige Variable zwischen zwei Gruppen von Proband*innen 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. Am Ende des Experiments werden die Teilnehmer*innen abhängig von ihren Entscheidungen monetär vergütet. Mit den 35 vernetzten Computerarbeitsplätzen im „BaER-Lab“ verfügt die Universität Paderborn über eines der größten wirtschaftswissenschaftlichen Experimentallabore Deutschlands. Aktuell befinden sich knapp 2.500 studentische Proband*innen verschiedener Studiengänge in der laboreigenen Onlinedatenbank, aus der die Teilnehmer*innen für Experimente rekrutiert werden. Die Leitung des BaER-Labs obliegt der

Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“ von Professor René Fahr. Das Labor steht jedem wirtschaftswissenschaftlichen Lehrstuhl der Universität Paderborn zur Verfügung, womit eine umfangreiche Forschungsbreite gewährleistet ist. Aktuelle experimentelle Projekte beschäftigen sich unter anderem mit der Entwicklung von Anreizsystemen, Whistleblowing, Reputationssystemen auf Onlinemärkten, der Rolle ethischer Prinzipien im Wirtschaftskontext und dem Verhalten in Mensch-Maschine-Interaktionen. 2021 wurde die technische Infrastruktur des BaER-Labs grundlegend erneuert. So wurden die bestehenden Rechner-Bildschirm-Kombinationen durch Thin Clients ersetzt, um die Experimentabläufe weiter zu vereinfachen und die Energieeffizienz des Labors zu verbessern. Zudem wurde in den vergangenen Monaten die zusätzliche Möglichkeit von Online-Experimenten etabliert, an denen die Proband*innen von zu Hause aus teilnehmen können. So blieb die Durchführung von Experimenten auch unter der anhaltenden Covid-19-Pandemie weiterhin möglich.

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


Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)

Examining research questions in economics with controlled laboratory experiments

Experimental economic research aims to examine human behaviour in economic decision situations. The economic research laboratory of Paderborn University, the BaER Lab, allows its researchers to gather the necessary observational data to empirically examine relevant economic research questions, theories and models by running controlled laboratory experiments.

Experimental economic research presents a valuable method for gathering empirical data on economic research questions, for which only little or no actual company data (e.g. from worker surveys) would be available otherwise, using controlled laboratory experiments. In these one to two hour experiments, participants sit in front of the computer and make decisions within a economic setting, that is explained to them beforehand. Comparable to clinical studies, only one variable is changed between the two groups of study participants, so differences in behaviour can be assigned to that variation. Participants are paid for each of their decisions. In contrast to psychological experiments, deceiving participants is strictly prohibited. Participants are financially compensated at the end of the experiment, with the precise amount depending on their respective decisions. With its 35 connected computer cubicles, the “BaER-Lab” provides the Business and Economics Faculty of Paderborn University with one of the largest experimental laboratories for economic research in Germany. Currently, roughly 2,500 students are enrolled in the online database system to be recruited for participating in economic experiments. The BaER-Lab is managed by the “Behavioural Economic Engineering and Management Responsible” workgroup around Professor René Fahr and is open for research

to the complete Business and Economics Faculty. This assures that experimental research addresses a broad range of economic topics. The current experimental projects include the design of incentive systems, whistle-blowing, reputation systems in online markets, the role of business ethics in economic decision-making and human behaviour in human-machine-interactions. In 2021, the BaER-Lab’s entire technical infrastructure was updated. The pre-existing computer workstations were replaced by Thin Clients to further simplify the experimental procedure, while simultaneously improving the laboratory’s energy efficiency. Furthermore, the additional option of conducting online-experiments was further established, so participants could take part in experiments from home. Therefore, conducting experimental economic research remained possible despite the ongoing COVID-19 pandemic.

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

HD-Visualisierungszentrum

Simulation von Mobilitätskonzeptionen




Am Heinz Nixdorf Institut bietet das HD-Visualisierungszentrum Raum für die virtuelle Demonstration von Prototyping-Anwendungen, z. B. in der Fahrzeugentwicklung. Dabei kann das Projektionssystem für die 3D-Visualisierung, z. B. von Fertigungsanlagen, oder das virtuelle Prototyping von Scheinwerfersystemen eingesetzt werden.

Virtual Prototyping und Simulation

Virtual Prototyping ist heute ein fester Bestandteil im Produktentstehungsprozess. Beim Virtual Prototyping wird ein Rechnermodell von dem in Entwicklung befindlichen Objekt gebildet und anschließend wie ein realer Prototyp analysiert. Auf diese Weise können unterschiedliche Varianten eines Produktes virtuell erstellt und untersucht werden, ohne dass ein realer Prototyp gebaut werden muss. Das reduziert Zeit und Kosten in der Produktentwicklung und erhöht die Qualität des Produkts. Das HD-Visualisierungszentrum bietet durch die hochauflösende Großprojektion mit insgesamt vier – teils schwenkbaren – Projektionsflächen und einer Gesamtbreite von über neun Metern einzigartige Möglichkeiten für das Virtual Prototyping und die Simulation. Die Bewegung des/der Nutzers/Nutzerin kann dabei mithilfe eines optischen Trackingsystems von dem Projektionssystem erfasst werden. Somit ist eine einfache und intuitive Steuerung der Anwendungen möglich. Über eine zentrale Mediensteuerung werden fünf leistungsstarke PCs und 14 Hochleistungsprojektoren angesteuert, welche stereoskopische Bilder mit einer Gesamtauflösung von über 2 x 20 Mio. Bildpunkten projizieren. Die Darstellung feinsten Details wird somit durch die hohe Auflösung ermöglicht.

Virtual Reality-Anwendung

VR ist in der Produktentwicklung inzwischen fest etabliert. Mit VR können zum Beispiel Designstudien, in sogenannten Design Reviews, zu einem frühen Zeitpunkt im Maßstab 1:1 visualisiert und von den Ingenieur*innen begutachtet werden. In der Forschung werden heute VR-Anwendungen entwickelt, die neben der Gestalt noch weitere Aspekte, wie z. B. das Verhalten visualisieren. Ein Beispiel ist der entwickelte Virtual Nightdrive, eine VR-Anwendung für die Analyse der Lichtverteilung neuer Scheinwerfer. Die wird durch einen komplexen Datensatz beschrieben, dessen Analyse aufwendig ist. Der Virtual Nightdrive visualisiert diesen Datensatz in einer Virtual Reality-Anwendung. Der/Die Anwender/in sitzt in einem Fahrzeug vor einer Powerwall und fährt auf einer virtuellen Teststrecke. Die Lichtverteilung des Scheinwerfers wird in Echtzeit auf eine virtuelle Straße projiziert. Zur Analyse fährt der/die Anwender/in die virtuelle Teststrecke ab und begutachtet beispielsweise, ob die Straße durch den Scheinwerfer ausreichend beleuchtet wird.

 **Dr.-Ing. Christian Koldewey**
E-Mail: christian.koldewey@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 43

HD Visualisation Centre

Simulation of mobility concepts


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

Virtual prototyping and simulation

Virtual Prototyping is an inherent part of today's product creation process. Virtual Prototyping means to build a computer model of a future product and analyse it like a real prototype. This allows a virtual assembly and test of different product variants without building a real prototype. It reduces time and costs in product development and increases product quality. Due to the high-resolution and the large-scale projection with a total of four – partly swivelable – projection surfaces and a total width of over 9 m, the centre offers unique opportunities for virtual prototyping and simulation. The user's movements can be recorded by the projection system with the aid of an optical tracking system. This allows easy and intuitive control of the applications. Five high-performance PCs and 14 high-performance projectors are controlled by a central media controller, providing stereoscopic images with a total resolution of over 2x20 million. Project image points. This corresponds to the ten-fold resolution of the HDTV standard. Therefore, the display of the finest details is made possible by the high resolution.

Virtual reality-application

VR is well established in product development: it allows you to visualise 1:1-scale design models in early design phases which then can be evaluated by engineers in design reviews. Today, innovative VR applications, that visualise not only the shape but further aspects, like e.g. behaviour. One example is "Virtual Nightdrive", a VR application supporting the analysis of beam patterns of new automotive headlights. The beam pattern is defined by a complex dataset which contains all lighting characteristics of the headlight. VND visualises this dataset in a VR application. The user sits in a mock-up of a vehicle cockpit in front of a powerwall and drives along a virtual test track while the beam patterns of the headlights are projected onto the virtual road in realtime. During the analysis, the user drives along the virtual test track and evaluates if the headlight illuminates the road ahead sufficiently.

 **Dr.-Ing. Christian Koldewey**
E-mail: christian.koldewey@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 43

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
Telefon: +49 5251 | 60 62 77



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)



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
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
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 simu-

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

lated 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 Analyzer, 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 Untersuchungen 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, 1550 nm Laserquellen, optische Koppler, Fiber Arrays, Powerdetektoren, HF-Photodioden, kohärente Empfänger, programmierbare optische Filter, optische

Modulatoren, Spektralanalysatoren und vieles Weitere enthält. Zudem enthält das Laserlabor einen Mode-locked Laser, einen optischen Verstärker und die zugehörigen Schutzvorrichtungen und Schutzausrüstungen. Innerhalb des Photonic-Lab werden neuste monolithisch-integrierte siliziumphotonische Systeme, d. h. Siliziumchips, die sowohl elektronische als auch optische Komponenten enthalten, vermessen und analysiert.

Auswahl des Laborequipments:

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

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

Labs for future data transmission and sensor systems

High-precision experiments 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 systems in the RF Lab

In the Radio Frequency Lab (RF Lab) of the “System and Circuit Technology” workgroup, structures in the micrometer range on microchips and high frequency 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-frequency F modules and integrated circuit chips at frequencies and data rates of up to 125 GHz and 256 Gb/s respectively. Therefore, state-of-the-art radar systems, receiver and transmitter circuits for wireless and wireline communication systems, frequency synthesizers and many other circuits can be experimentally tested with respect to their performance and functionality.

High-precision measurement 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 couplers, fibre arrays, power detectors, high-frequency photodiodes, coherent receivers, programmable optical filters, optical

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

modulators, spectrum analysers and many more. In addition, the Photonic Lab contains a mode-lock laser, an optical amplifier and the related protective devices and equipment. Within the laser laboratory, the most advanced monolithic integrated silicon photonic systems, i.e. silicon chips containing both electronic and optical components, are measured and analysed.

Selection of lab equipment:

- Wire Bonder (Hesse Mechatronics Bonjet BJ653)
- Waferprober (Signatone mm-Wave Probe Station)
- Vector Network Analyser (Anritsu VectorStar MS4647B)
- Realtime Oscilloscope (Keysight UXR0702A)
- Arbitrary Waveform Generator (Keysight M8194A)
- HF-photodiodes (Finisar XPDV3120, BPDV3120R)
- Waveshaper (II-VI 4000A)
- Optical spectrum analyser (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 Forschung im Smart Automation Laboratory der Fachgruppe „Produktenstehung“ 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 Systeme 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 zudem die Einbindung der Shopfloor-Mitarbeiter*innen überdacht werden. Das kann beispielsweise über Assistenzsysteme geschehen, die sich den Mitarbeiter*innen und dem Produktionsprozess anpassen und den Produktionsfortschritt überwachen. Relevante Technologien sind der Digitale Zwilling, Predictive Maintenance, Dashboards oder Computer Vision. Sie ermöglichen die Veranschaulichung und Erforschung von Fragestellungen in den Themengebieten „Industrie 4.0“ und „Arbeit 4.0“. Im Labor sind zwei Fertigungszellen (eine Drehmaschine und eine Fräsmaschine), zwei 3D-Drucker sowie eine Montagestation mit einem Materialflusssystem verbunden. Zudem besitzt das Labor drei unterschiedliche Typen an Robotern (Portalroboter, Industrieroboter, kollaborativer Roboter) die zur Bestückung und Entnahme an den Maschinen genutzt werden. Des Weiteren werden durchgehend neue softwaretechnische Systeme

entwickelt und ausgebaut. Wenn ein neuer Auftrag in das 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). Ein Forschungsschwerpunkt innerhalb der Laborumgebung liegt in der Einbindung der Shopfloor-Mitarbeiter*innen in die Produktionsplanung und -steuerung. Auf Basis von individuellen Fähigkeiten sowie deren Entwicklung passt sich die Steuerung an den Menschen an. Diese Adaption erlaubt die Optimierung von Prozesszeiten sowie eine individuelle Gestaltung des Assistenzsystems.

 **Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler**
E-Mail: 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 the innovative and sustainable products and production systems of the future. The focus of research in the Smart Automation Laboratory of the “Product Creation” workgroup is the analysis of new technologies in intelligent decentralised production systems to solve the current and future challenges.

“Cyber-Physical Production Systems” (CPPS) represent highly flexible, adaptive 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 covers machines, sensors, workpieces, operating resources as well as storage and transport systems. Within this new form of control, the integration of shop floor employees must also be rethought. This can be done, for example, via assistance systems which adapt to the employees and the production process and monitor production progress. Relevant technologies are digital twins, predictive maintenance, dashboards or computer vision. It serves for illustrating and researching issues in the areas of “Industrie 4.0” and “Arbeit 4.0”. In the laboratory, two manufacturing cells (a lathe and a milling machine), a 3D plotter and an assembly station are connected to a material flow system. In addition, the laboratory has three different types of robots (gantry robots, industrial robots, collaborative robots) 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 shuttle on the material flow system. Scheduling is then performed by a decentralised production

control system. For this purpose, each unit is equipped with embedded information processing, which handles monitoring and control as well as 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). One research focus within the laboratory environment is the integration of shopfloor employees into production planning and control. Based on individual skills and their development, the control system adapts to the person. This adaptation allows the optimisation of process times as well as an individual design of the assistance system. It opens the possibility of individual learning support of the employee at the workplace.

 **Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler**
E-mail: 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“, „Entwicklungsmanagement“ 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 in dem Zusammenspiel von Kollaboration, Visualisierung und Analyse. Zur Kollaboration umfasst das Labor Kollaborations- und Prototyping-Arbeitsplätze. Dadurch können Entwicklungsteams gemeinsam an der Entwicklung neuer Prototypen arbeiten. Diese Aufgaben werden zudem durch den Einsatz von digitalen Werkzeugen unterstützt, wie große Multitouch-Tische und -Displays. Eine modellbasierte kollaborative Entwicklung in interdisziplinären Teams wird somit ermöglicht. Durch Visualisierungswerkzeuge können Prototypen schon frühzeitig immersiv erlebt und erfahrbar werden. Dazu zählen flexible Head-Mounted Displays und VR-Treadmills. Diese virtuellen Erfahrun-

gen können durch physische Prototypen ergänzt werden, die beispielsweise mittels additiver Fertigung gefertigt werden.

Ein Forschungsschwerpunkt der Fachgruppe ist die Frage, wie Produktentwickler*innen zukünftig digitale Werkzeuge einsetzen. Daher ist eine zentrale Funktion des Forschungsgeräts die Integration von Forschungsdaten: 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 Prüfscenarien in der Produktentwicklung. In Kombination mit dem etablierten, angrenzenden „Smart Automation Laboratory“ ist 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.

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 are, for instance, flexible head-mounted displays and VR treadmills. Such experiences in the virtual space can be complemented by prototypes that are constructed and tested using additive manufacturing.

A research focus of the workgroup is 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 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 IEM

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM



Jubiläum am Fraunhofer IEM: Im Jahr 2021 feierte das Forschungsinstitut an der Zukunftsmeile 1 zehn Jahre anwendungsorientierte Forschung rund um das Thema Engineering der Zukunft. Auch in Kooperation mit dem Heinz Nixdorf Institut entstehen intelligente Produkte, Produktionssysteme, Dienstleistungen und Softwareanwendungen „Made in Paderborn“. Neben besonderen Jubiläumsaktionen standen in 2021 auch spannende Themen und Projekte an.

Gegründet wurde das Fraunhofer IEM im April 2011 als Fraunhofer-Projektgruppe mit einer guten Handvoll Wissenschaftler*innen. Heute arbeiten 230 kreative Köpfe in der Zukunftsmeile 1 – und konnten 2021 auf eine ganze Jahrzehnt Forschung zurückblicken. „Wer Jubiläum hat, sollte Gäste einladen und ausgiebig feiern.“, so Professor Ansgar Trächtler, Institutsleiter des Fraunhofer IEM. „Leider machte die Coronapandemie dem Fraunhofer IEM im Jahr 2021 einen Strich durch die Rechnung. Gefeierte wird trotzdem: Mit spannenden Aktionen würdigen wir zehn Jahre Spitzenforschung in Paderborn: Dazu gehörten unser hervorragendes Team, unsere Partner*innen aus Industrie und Wissenschaft sowie unsere Projekte und Fokusthemen.“

Jubiläumsaktionen: #10JahreIEM

Flaggen und Banner machten alle Besucher*innen und Passant*innen der Zukunftsmeile 1 auf das Jubiläum aufmerksam. Mit kräftigen Farben hob sich das Jubiläumsdesign des Fraunhofer IEM deutlich vom Fraunhofer-Grün ab und zeigte: 2021 war ein besonderes Jahr. Auf LinkedIn, Twitter und Facebook stellten die Wissenschaftler*innen ihre Forschung sowie informative Daten und Zahlen zum Institut vor: Selbst kreierte Memes zeigten, dass Wissenschaft auch Spaß macht, die Challenge „Erklär’s deiner Oma“ machte komplexe Forschung

verständlich, und die Zahl des Monats lieferte Einblicke in den Forschungsbetrieb. Tipp: Alle Beiträge lassen sich über die Hashtags #EngineeringtheFuture und #10JahreIEM finden. Pünktlich zum Jubiläum wurde auch das neue Institutsvideo veröffentlicht. Hier geben die Forscher*innen Einblicke in ihre Arbeit und zeigen, warum auch FIFA-Spielen zum Projekterfolg führen kann. Die Jubiläumswebsite vereint schließlich Rückblick, Bestandsaufnahme und Ausblick. Auf ihr finden sich Glückwünsche von Partner*innen und Förderer*innen wie Miele, Weidmüller oder dem BMBF, spannende Rückblicke auf die letzten zehn Jahre und aktuelle Forschungsthemen. Außerdem beantworten Kolleg*innen aus Forschung und Verwaltung die Frage: „10 Jahre IEM – what’s next?“ www.10-jahre-fraunhofer-iem.de

Advanced Systems Engineering: Leitbild für das Engineering von morgen

Ein umfangreiches Umdenken im Engineering der Marktleistungen von morgen fordert das Fraunhofer IEM gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IAO und IPK, dem IPEK – Institut für Produktentwicklung und acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Grundlage ist eine Erhebung zum Leistungsstand des Engineerings in Wirtschaft und Wissenschaft, die vom

Fraunhofer IEM

Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM

Anniversary at Fraunhofer IEM: In 2021, the research institute located at Zukunftsmeile 1 celebrated ten years of applied research on the topic of engineering the future. Intelligent products, production systems, services and software applications “Made in Paderborn” are also being developed in cooperation with the Heinz Nixdorf Institute. Apart from special anniversary activities, exciting topics and projects were also on the agenda in 2021.

With a good handful of researchers, Fraunhofer IEM was founded as a Fraunhofer project group in April 2011. 230 creative minds now work at Zukunftsmeile 1—and were able to look back on a full decade of research in 2021. “Anyone who has an anniversary should invite guests and throw a big party,” says Professor Ansgar Trächtler, Executive Director of Fraunhofer IEM. “Unfortunately, the COVID-19 pandemic has thrown a wrench into Fraunhofer IEM’s works in 2021. We are still celebrating nonetheless: We are honouring 10 years of cutting-edge research in Paderborn with some exciting activities, including our outstanding team, our partners from industry and academia as well as our projects and focus topics.”

Anniversary activities: #10JahreFraunhoferIEM

Flags and banners at Zukunftsmeile 1 drew the attention of visitors and passers-by to the anniversary. In bold colours, Fraunhofer IEM’s anniversary design clearly stood apart from the Fraunhofer green and signaled that 2021 was a special year. On LinkedIn, Twitter and Facebook, the scientists showcased their research as well as informative facts and figures about the institute: Self-created memes showed that science can also be fun, the “Explain it to your grandma” challenge made complex research easier to understand, and the number of the month

provided insights into research operations. One tip: You can find all the posts using the hashtags #EngineeringtheFuture and #10JahreFraunhoferIEM. The institute’s new video was also released just in time for the anniversary. In it, researchers provide insights into their work and explain why playing FIFA can also lead to project success. And, to top things off, the anniversary website brings together a retrospective, a stocktaking and an outlook. It includes congratulations from partners and sponsors such as Miele, Weidmüller, and the BMBF, interesting retrospectives on the last 10 years, and the latest research topics. In addition, fellow researchers and administrators answer the question: “10 years of IEM—what’s next?” www.10-jahre-fraunhofer-iem.de

Advanced Systems Engineering: Guiding principle for engineering the future

Fraunhofer IEM, together with the Fraunhofer institutes IAO and IPK as well as the IPEK (Institute of Product Engineering) and acatech (National Academy of Science and Engineering), is calling for a comprehensive new way of thinking in the engineering of future market services. The groundwork includes a survey on the current status of engineering in the worlds of science and economy funded by the German



Das Institutsjubiläum bot Anlass für neue Formen der Wissenschaftskommunikation, wie das Format „3-Fragen-an“. Foto: Fraunhofer IEM
The institute's anniversary provided an opportunity for new forms of scholarly communication, such as the "3 questions for" format.

BMBF im Rahmen des wissenschaftlichen Projekts „AdWiSE“ gefördert und auf der digitalen Hannover Messe 2021 veröffentlicht wurde. Advanced Systems Engineering bietet Unternehmen einen Handlungsrahmen, mit dem sie ihre Produkte auch in Zukunft erfolgreich im internationalen Wettbewerb platzieren. Die Kernthese des AdWiSE-Forschungskonsortiums: Deutsche Unternehmen sind traditionell stark im Engineering, stehen künftig aber vor großen Herausforderungen. Die erfolgreiche Entwicklung autonomer, interaktiver und dynamisch vernetzter Produkte mit steigendem Software- und Service-Anteil gelingt nur durch ebenso innovative Lösungen im Engineering. Das BMBF fördert Forschung und Entwicklung zum Advanced Systems Engineering mit bundesweiten Verbundforschungsprojekten sowie dem wissenschaftlichen Projekt AdWiSE mit insgesamt 31 Mio. Euro. www.advanced-systems-engineering.de

Studie: IT-Security fordert deutsche Unternehmen auf vielen Ebenen

Wie ist es in deutschen Unternehmen um die Themen Angriffssicherheit, Security-Kompetenz und Methoden und Werkzeuge zur sicheren Softwareentwicklung bestellt? Im Forschungsprojekt AppSecure.nrw veröffentlichte das Fraunhofer IEM dazu eine umfangreiche Studie. Gemeinsam mit adesso mobile




Im Projekt ALBACOPTER erforscht das IEM Technologien für die Urban Air Mobility.
In the ALBACOPTER project, the IEM is researching technologies for urban air mobility.

solutions, der AXA und Connex Communication untersuchte es, inwieweit deutsche Unternehmen bei Entwicklung und Betrieb ihrer Software IT-Sicherheit berücksichtigen. Die Studie zeigt, dass IT-Sicherheit in Produkten eine vielschichtige Herausforderung ist und akuter Handlungsbedarf besteht. Vor allem mangelt es an Sensibilisierung und Kompetenzen für das Thema Angriffssicherheit sowie an Methoden zur sicheren Softwareentwicklung und entsprechenden Entwicklungstools. Darüber hinaus wird deutlich, dass Product Owner nur geringe bis keine Security-Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt stellen und Führungskräfte selten Maßnahmen zum Ausbau von Security-Kompetenzen einfordern. Somit besteht für viele Unternehmen die Gefahr, dass ihre Produkte nicht ausreichend vor böswilligen Angriffen geschützt sind. www.appsecure.nrw

Neue Projekte: Von Fluggeräten über 5G hin zu beruflicher Weiterbildung

Auch im Jahr 2021 vernetzte sich das Fraunhofer IEM in vielen Kooperationen zur Zukunft des Engineerings. Die Aufnahme von Professor Roman Dumitrescu in die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) war ein strategischer Baustein. Zusammen mit Professor Ansgar Trächtler sind nun zwei IEM-Direktoren in dem hochkarätigen Gremium vertreten. Fraunhoferweit starteten mehrere Initiativen: Mit dem Leitprojekt ALBACOPTER investiert die Fraunhofer-Gesellschaft in die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die Urban Air Mobility. Gemeinsam mit fünf weiteren Instituten entwickelt das IEM das Experimentalflyger ALBACOPTER. In den Fraunhofer 5G-Anwenderzentren erforscht das IEM mit seinen Partner*innen, welche Möglichkeiten 5G für die Kommunikation zwischen Maschinen an verschiedenen Industriestandorten in ganz Deutschland bietet. Das neue IoT-Experience-Center an der Zukunftsmeile 2 wird hier eine zentrale Rolle spielen. Seine Angebote für den Mittelstand macht das IEM seit Juli im Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL (BMW, 5,9 Mio. Euro Gesamtförderung). Gemeinsam mit dem Heinz Nixdorf Institut und weiteren Partner*innen erforscht das IEM seit April im Projekt roshaf die „Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen für hochautomatisiertes Fahren“ (BMW, 2,81 Mio. Euro Gesamtförderung). Und unter dem Titel „Weiterbildung 4.OWL – Regional. Digital. Vernetzt.“ beschäftigt sich das IEM seit Oktober mit der Digitalisierung in der beruflichen Weiterbildung (1,9 Mio. Euro Förderung durch das Land NRW).

 Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler
E-Mail: ansgar.traechtler@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 77

 www.iem.fraunhofer.de

Federal Ministry of Education and Research (BMBF) as part of the “AdWiSE” scientific project and announced at the digital Hannover Messe 2021. Advanced Systems Engineering gives companies a framework for action that will enable them to successfully position their products in the global competition of the future. The core thesis of the AdWiSE research consortium: German companies are traditionally strong in engineering, but will be facing major challenges in the future. The successful development of autonomous, interactive and dynamically networked products with increasing software and service content will only be possible with equally innovative engineering solutions. The BMBF is funding research and development on Advanced Systems Engineering with nationwide collaborative research projects and the accompanying scientific project AdWiSE for altogether 31 million euros. www.advanced-systems-engineering.de



Entwicklungsarbeit in interdisziplinären Teams unter Einsatz neuester Technologien: So ermöglicht Advanced Systems Engineering die Innovationen von morgen.

Development work in interdisciplinary teams using state-of-the-art technologies: how advanced systems engineering enables future innovations.


Study: IT security challenges German companies on many levels

What is the situation in German companies when it comes to security against attacks, security expertise and methods and tools for secure software development? In the AppSecure.nrw research project, Fraunhofer IEM published a comprehensive study on this issue. Together with adesso mobile solutions, AXA and Connex Communication, it examined the extent to which German companies take IT security into account when developing and operating their software. The study shows that IT security in products is a multi-layered challenge and that there is an acute need for action. Above all, there is a lack of awareness and expertise on the issue of security against attacks as well as methods for secure software development and appropriate development tools. In

addition, it is evident that product owners place little to no security requirements on the product being developed and that executives rarely demand measures to expand expertise in security. Many companies, therefore, run the risk that their products are not adequately protected against malicious attacks. www.appsecure.nrw

New projects: From aerial vehicles to 5G and professional training

In 2021, Fraunhofer IEM continued to network in many collaborative projects on the future of engineering. The inclusion of Professor Roman Dumitrescu in the German Academy of Science and Engineering (acatech) was a strategic cornerstone. Together with Professor Ansgar Trächtler, two IEM directors are now represented on the high-profile committee. Several initiatives were launched throughout Fraunhofer: With the ALBACOPTER lighthouse project, the Fraunhofer Society is investing in the development of key technologies for urban air mobility. Together with five other institutes, the IEM is developing the experimental ALBACOPTER aircraft. In the Fraunhofer 5G user labs, the IEM and its partners are researching the potential offered by 5G for communication between machines at various industrial sites throughout Germany. The new IoT Experience Center at Zukunftsmeile 2 will play a pivotal role. Since July, the IEM has been offering its services to small and medium-sized enterprises at the “Mittelstand-Digital Zentrum Ruhr-OWL” (Ruhr-OWL Digital Centre for Small and Medium-sized Enterprises) (BMW, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy), 5.9 million euros in total funding). Together with the Heinz Nixdorf Institute and other partners, the IEM has been conducting research in the roshaf project “Robust sensors and systems for highly automated driving” (BMW, 2.81 million euros in total funding) since April. And under the title “Weiterbildung 4.OWL – Regional. Digital. Networked.”, the IEM has been working on digitalisation in professional training since October (1.9 million euros in funding from the state of North Rhine-Westphalia).

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

 www.iem.fraunhofer.de/en.html

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

Datenfabrik.NRW, Arbeitswelt.Plus und ServiceNavigator



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

Datenfabrik.NRW, Arbeitswelt.Plus and ServiceNavigator

it's owl

it's OWL baut 2021 innovative Formate und neue Initiativen aus. Die Gewinneridee des it's OWL Makeathons wurde ein Projekt, und mit „Datenfabrik.NRW“ startet eine weitere strategische Initiative im Spitzencluster, die ein Modell für datengetriebene Fabriken der Zukunft liefert. Das Kompetenzzentrum „Arbeitswelt.Plus“ hat Fahrt aufgenommen, und mit dem Heinz Nixdorf Institut arbeitet it's OWL erfolgreich am Marktplatz für KI in der Produktentstehung.

it's OWL has developed innovative formats and new initiatives in 2021. The winning idea from the it's OWL makeathon is now a project and the “Datenfabrik.NRW” marks the launch of another strategic initiative in the cluster, a model for data-driven factories of the future. The “Arbeitswelt.Plus” centre of excellence is gaining speed and it's OWL has also been working with the Heinz Nixdorf Institute on a marketplace for AI in product creation.

Gemeinsam mit inzwischen über 200 Partner*innen arbeitet it's OWL daran, die digitale Transformation in Ostwestfalen-Lippe erfolgreich zu gestalten. Und das mit bundesweiter und internationaler Reichweite. In Innovationsprojekten entwickeln Unternehmen und Forschungseinrichtungen Lösungen in den Bereichen künstliche Intelligenz, digitale Plattformen, digitaler Zwilling und Arbeitswelt der Zukunft. Dabei arbeiten derzeit 48 Unternehmen und Forschungseinrichtungen in 22 Innovationsprojekten zusammen. Im September hat die Jury sieben weitere Innovationsprojekte ausgewählt, die im März 2022 starten. Das Heinz Nixdorf Institut ist bspw. am Projekt „ZirkuPro“ beteiligt. Ziel des Projekts, ist eine Systematik zur ganzheitlichen zirkulären Produktentstehung für Intelligente Technische Systeme zu entwickeln. Hinzu kommen strategische Initiativen mit großen Konsortien, in denen Anwendungen von künstlicher Intelligenz in den Bereichen Produktentstehung, Produktion, Arbeitswelt und Geschäftsmodellentwicklung erschlossen werden.

Und auch der Transfer im Spitzencluster funktioniert: In Transferprojekten können kleine und mittlere Unternehmen gemeinsam mit einer Forschungseinrichtung konkrete Herausforderungen der digitalen Transformation lösen. Das Heinz

Nixdorf Institut ist dabei ein wichtiger Impulsgeber und Treiber in den Projekten. Bisher sind über 50 Unternehmen in einem Transferprojekt konkrete Herausforderungen der digitalen Transformation ihres Unternehmens angegangen. Dabei sind knapp zwei Millionen Euro Fördermittel an kleine und mittlere Unternehmen aus der Region vergeben worden. Auf dem digitalen Transfertag im September 2021 stellten Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Ergebnisse und Wirkungen von Transferprojekten vor.

Es zeigt sich: Die Zusammenarbeit im Spitzencluster it's OWL – Intelligente Technische Systeme OWL – ist ein Erfolgsmodell und hat sich etabliert. Ausgezeichnet als Spitzencluster des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, gilt it's OWL als eine der größten Initiativen für Industrie 4.0 im Mittelstand. Insgesamt will it's OWL mit Unterstützung von Land, Bund und EU bis 2023 Projekte im Umfang von 200 Millionen Euro umsetzen. Bisher wurden bereits 34 Projekte mit einem Volumen von rund 115 Millionen Euro auf den Weg gebracht.

Die strategische Initiativen des Spitzenclusters haben eine zentrale Bedeutung für die Erschließung neuer Technologiefelder und die Wettbewerbsfähigkeit der mittelständischen Industrie.

Together with more than 200 partners, it's OWL works to successfully shape digital transformation in the Ostwestfalen-Lippe region, with a national and international impact. As part of innovation projects, companies and research institutions are developing solutions in the fields of artificial intelligence, digital platforms, digital twinning and the working world of the future. 48 companies and research institutions are currently collaborating on 22 innovation projects. In September, the judging panel selected seven further innovation projects for launch in March 2022. For example, the Heinz Nixdorf Institute is involved in the “ZirkuPro” project, the aim of which is to develop a system for integrated, circular product creation for intelligent technical systems. This stands alongside strategic initiatives with large consortiums that are developing artificial intelligence applications in the fields of product creation, production, the world of work, and business model development.

Transfer is also working well within the leading-edge cluster: small and medium-sized enterprises can collaborate with a research institution to solve the specific challenges of digital transformation as part of transfer projects. The Heinz Nixdorf Institute is a key catalyst and driving force for these projects.

Thus far, more than 50 companies have tackled the specific challenges of digital transformation faced by their company via a transfer project. Nearly two million euros of funding have been awarded to small and medium enterprises in the region as part of this. Companies and research institutions presented the results and effects of transfer projects at the Digital Transfer Day in September 2021.

It has become clear that collaboration within the “it's OWL – Intelligent Technical Systems OWL” leading-edge cluster has been a model for success and become firmly established. Named a leading-edge cluster by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), it's OWL is considered as one of the largest initiatives for “Industrie 4.0” in medium-sized businesses. In total, it's OWL plans to implement projects with a total volume of 200 million euros by 2023 with the support of the state, federal government and EU. So far, 34 projects with a volume of around 115 million euros have already been launched.

The leading-edge cluster's strategic initiatives are of vital importance for developing new fields of technology and ensuring that medium-sized industry remains competitive.

Im Januar 2020 startete das Projekt KI-Marktplatz, das 2019 die Ausschreibung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie „KI für Innovationsökosysteme“ gewann und in dem das Heinz Nixdorf Institut Konsortialführer ist. Einen weiteren großen, bundesweiten Wettbewerb gewann it's OWL 2020 mit dem Kompetenzzentrum „Arbeitswelt.Plus“, das zu den fünf Kompetenzzentren für Arbeitsforschung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gehört. Ein drittes Beispiel ist die „Datenfabrik.NRW“. In einer realen Produktionsumgebung arbeiten dabei CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen, Schmitz Cargobull, NTT Data, Duvenbeck Kraftverkehr und MotionMiners sowie die Fraunhofer-Institute IEM, IML, IOSB-INA und IAIS an einer datengetriebenen Zukunftsfabrik.

Ein Marktplatz für künstliche Intelligenz

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

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

Künstliche Intelligenz für eine bessere Arbeitswelt

Doch wie wird eigentlich der Einsatz von künstlicher Intelligenz die Arbeitswelt verändern? Und wie können Beschäftigte auf den Wandel vorbereitet werden? Antworten auf diese Fragen liefert seit verganginem Jahr eine andere strategische Initiative von it's OWL, das BMBF-Kompetenzzentrum „Arbeitswelt.Plus“, das 2020 im Rahmen des Spitzenclusters gestartet ist. „Mit „Arbeitswelt.Plus“ können wir die Ergebnisse aus der Spitzenforschung für die Industrie in OWL verfügbar machen und in die Anwendung im Mittelstand bringen“, sagt Professor Roman Dumitrescu, Geschäftsführer der it's OWL Clustermanagement GmbH und Vorstandsmitglied am Heinz Nixdorf Institut.

18 Hochschulen und Unternehmen entwickeln dabei gemeinsam mit der IG Metall konkrete Ansätze für Arbeitsplatzgestaltung und Qualifizierung. „Arbeitswelt.Plus“ führt Erkenntnisse



Digitale Veranstaltungen waren 2021 ein großes Thema bei it's OWL. So stellten Unternehmen und Forschungseinrichtungen im September die Ergebnisse und Wirkungen von Transferprojekten digital auf dem Transferfest vor.

Digital events were a big topic at it's OWL in 2021. In September, companies and research institutions presented the results and effects of transfer projects digitally at the Transfer Day.

der Arbeitsforschung im Zukunftsfeld künstliche Intelligenz zusammen. Themenschwerpunkte sind beispielsweise Arbeitsplatzgestaltung, Kompetenzentwicklung und Change Management. Getragen wird das Kompetenzzentrum durch die Universitäten Bielefeld und Paderborn, die TH OWL, die FH Bielefeld, die Fachhochschule der Wirtschaft, Fraunhofer IEM und Fraunhofer IOSB-INA sowie die Unternehmen Atos, BETTE, Bosch Rexroth, Deutsche Angestellten-Akademie OWL, Dr. Oetker, Kannegiesser, itelligence, Lenze, Miele, WAGO, Weidmüller und die IG Metall. Das Kompetenzzentrum wird bis 2025 mit 10,7 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Projektvolumen 12,2 Mio. Euro).

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

In January 2020, the AI Marketplace project was launched, which won the 2019 “AI for Innovation Ecosystems” tender from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy and in which the Heinz Nixdorf Institute is the consortium leader. It's OWL won another major nationwide competition in 2020 with the “Arbeitswelt.Plus” centre of excellence, one of five centres of excellence for work research under the Federal Ministry of Education and Research. A third example is the “Datenfabrik.NRW”: in a real product environment, Claas Selbstfahrende Erntemaschinen, Schmitz Cargobull, NTT Data, Duvenbeck Kraftverkehr and MotionMiners as well as the IEM, IML, IOSB-INA and IAIS Fraunhofer Institutes are working on a data-driven factory of the future.

A marketplace for artificial intelligence

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

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



Das Kompetenzzentrum „Arbeitswelt.Plus“ führt Erkenntnisse der Arbeitsforschung in dem Zukunftsfeld künstliche Intelligenz zusammen. The Competence Centre “Arbeitswelt.Plus” brings together findings of labour research in the future field of artificial intelligence.

Artificial intelligence for a better working environment

But how will the use of artificial intelligence actually change the world of work? And how can employees be prepared for that change? Answers to these questions are provided by another strategic initiative from it's OWL, namely the “Arbeitswelt.Plus” (“Working World Plus”) centre of excellence, which was launched within the leading-edge cluster in 2020. “With “Arbeitswelt.Plus”, we can make the results of top-level research available to industry in OWL and put them to use in medium-sized companies”, says Professor Roman Dumitrescu, Managing Director of it's OWL Clustermanagement GmbH and member of the board at the Heinz Nixdorf Institute.

18 universities and companies are working together with the trade union “IG Metall” to develop concrete approaches for workplace design and qualification. “Arbeitswelt.Plus” brings together findings from work research in the future-oriented field of artificial intelligence. Main topics include workplace design, competence development and change management. The centre of excellence is supported by Bielefeld and Paderborn Universities, OWL University of Applied Sciences, Bielefeld University of Applied Sciences, University of Applied Economics FHDW, Fraunhofer IEM and Fraunhofer IOSB-INA as well as the companies Atos, Bette, Bosch Rexroth, Deutsche Angestellten-Akademie OWL, Dr. Oetker, Kannegiesser, itelligence, Lenze, Miele, WAGO and Weidmüller, and the trade union IG Metall. Between now and 2025, the centre of excellence will receive 10.7 million euros in funding from the Federal Ministry of Education and Research (project volume 12.2 million euros).

In flagship projects, research institutions and companies are developing concrete solutions that make AI technologies available for various fields of application. Weidmüller, for example, is working with the Bielefeld University of Applied Sciences to develop new approaches for teaching skills to trainees and employees. In addition, they are investigating what changes are required in organisation (such as learning culture or agile structures), in the understanding of leadership and in co-determination. Employees' interests are being incorporated into the project through close cooperation with the works council and the IG Metall trade union. Miele will develop approaches for intelligent personnel deployment planning, Bette will develop intelligent knowledge management. WAGO plans to develop an AI-based sales assistant, Dr Oetker AI-based sales planning. Kannegiesser wants to optimise laundry sorting, and Bosch Rexroth is working with Paderborn University to develop an AI-based framework that will form the basis for AI-based assistance systems.

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

Datenfabrik.NRW – Die Produktion von morgen wird Realität

Wie können wir mit künstlicher Intelligenz die Produktion am Standort Deutschland im internationalen Wettbewerb zukunftsfähig machen? Pionierarbeit für diese Herausforderung leistet das Projekt „Datenfabrik.NRW“ des Spitzenclusters it's OWL, in dem die Unternehmen CLAAS und Schmitz Cargobull gemeinsam mit NTT Data, Duvenbeck Kraftverkehr und MotionMiners sowie den Fraunhofer-Instituten IEM, IML, IOSB-INA und IAIS ein Modell für eine datengetriebene Fabrik der Zukunft erarbeiten – und direkt in realen Produktionsumgebungen umsetzen. Das Projekt hat ein Gesamtvolumen von 14,5 Millionen Euro und wird mit 9,2 Millionen Euro durch das Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

„Das produzierende Gewerbe ist ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor in Nordrhein-Westfalen. Das Projekt „Datenfabrik.NRW“ soll dafür sorgen, dass das auch in Zukunft so bleibt und unsere Wirtschaft bestmöglich für die digitale Transformation gerüstet ist. Ich freue mich, dass wir das Wissen und die Erfahrungen von Weltmarktführer*innen und Spitzenforschungseinrichtungen in diesem Projekt bündeln können, um die Produktion in unserem Land zukunftsfähig zu machen“,



Wie kann der Einsatz von Augmented Reality (erweiterte Realität) in Unternehmen unterstützt werden? Eine der zentralen Fragen zur Arbeitswelt der Zukunft.

How can the use of augmented reality be supported in companies? One of the key questions for the working world of the future.

sagt Wirtschafts- und Digitalminister Professor Andreas Pinkwart bei seinem Besuch in Harsewinkel.

Die „Datenfabrik.NRW“ hat eine hohe Bedeutung für den Industriestandort OstWestfalenLippe. „Künstliche Intelligenz hat enorme Potenziale, um Maschinen und Anlagen effizienter und produktiver zu fertigen. Mit der Datenfabrik wollen wir Produktion komplett neu denken – und von der Fabrikplanung über die Fertigung bis zur Logistik Daten konsequent erfassen und verwerten. Von den Ergebnissen und Erfahrungen können produzierende Unternehmen in ganz OWL profitieren. it's OWL wird dafür Workshops, Rundgänge und Transferprojekte organisieren“, unterstreicht Günter Korder, Geschäftsführer der it's OWL Clustermanagement GmbH.

ServiceNavigator: Von der Gewinneridee zum erfolgreichen Start-up

Aus der Gewinneridee des Makeathons #horizonteOWL ist ein Projekt im Spitzencluster it's OWL geworden. Und darum geht's: Die Gründe für den Ausfall einer Maschine sind vielfältig. Je länger die Fehlerbehebung dauert, desto größer ist der wirtschaftliche Schaden. Die App „ServiceNavigator“ soll Maschinenbauer*innen und -betreiber*innen unterstützen, Fehler automatisiert zu finden und zu beheben. Und das bis zu fünf Mal schneller als bisher. Von der Entwicklung der App können Unternehmen schon jetzt profitieren, indem sie sich am Projekt beteiligen.

Die App bietet ein automatisiertes Diagnosetool, das beim Auftreten eines Maschinenfehlers die Ursachenfindung und -behebung systematisiert. Sie soll Service-Techniker*innen dabei helfen, ihren Einsatz effizienter zu gestalten und ihr Wissen nachhaltig zu dokumentieren und zu klassifizieren. Für den Fall, dass Service-Techniker*innen, wie derzeit durch die Coronapandemie, auch mal nicht verfügbar sind, hilft das Tool den Betreibenden sogar zur Selbsthilfe. Neben der Automatisierung von „Diagnosen“ bietet der „ServiceNavigator“ auch die Automatisierung sogenannter „Routinen“ an. Diese assistieren nach der Ursachenfindung auch bei deren Behebung – Schritt für Schritt und mit visueller Unterstützung.

Die App wird in zwei Stufen ausgebaut. Zuerst motiviert sie erfahrene und immer rarere Fachkräfte, über eine einfache Nutzbarkeit und unterstützende Trainings- und Support-Funktionen zur Dokumentation von Service-Wissen. Die Systematik und Integration ermöglichen schließlich die Verwertbarkeit der Daten durch einen zugrundeliegenden Algorithmus. Dieser verarbeitet das Wissen, stellt es Techniker*innen wie Bediener*innen im Diagnose-Tool zur Verfügung und optimiert sich durch die regelmäßige Nutzung selbst.

The results and experience gained from these projects will be made available to small and medium-sized enterprises. To this end, an information platform will be set up, good examples will be prepared and events and workshops will be held. Further training courses will train employees in the use of AI technologies. In transfer projects, companies can work with a research institution on using new AI technologies to solve concrete challenges in their company.

Datenfabrik.NRW – production of the future becomes a reality

How can we use artificial intelligence to future-proof production in Germany amid international competition? Pioneering work in meeting this challenge is being undertaken by the „Datenfabrik.NRW“ („Data Factory NRW“) project within the it's OWL leading-edge cluster, in which the companies Claas and Schmitz Cargobull are working with NTT Data, Duvenbeck Kraftverkehr and MotionMiners as well as the IEM, IML, IOSB-INA and IAIS Fraunhofer Institutes to develop a model for a data-driven factory of the future – and implement it directly in real production environments. This project has a total volume of 14.5 million euros and is receiving 9.2 million euros of funding from the state of North Rhine-Westphalia.



Aus einer Blitzidee wird ein Millionenprojekt. Sina Kämmerling (Unity AG) und ihr Team arbeiten seit diesem Jahr an der App „ServiceNavigator“. Die Idee dazu entstand im it's OWL Makeathon.

A flash of inspiration has become a million-euro project. This year, Sina Kämmerling (Unity AG) and her team have been working on the „ServiceNavigator“ app. The idea stemmed from the it's OWL makeathon.

“The production industry is a key factor in North Rhine-Westphalia's economy. The „Datenfabrik.NRW“ project should ensure that it remains so in the future, and that our economy is ideally equipped for digital transformation. I am delighted that we are able to pool the knowledge and experience of global market leaders and top-level research institutions within this project to ensure that our state's production is set for the future“, Minister for Economic and Digital Affairs Professor Andreas Pinkwart explained on his visit to Harsewinkel.

The „Datenfabrik.NRW“ is hugely important for OstWestfalenLippe as an industrial location. “Artificial intelligence has huge potential for manufacturing machinery and systems more efficiently and productively. With the data factory, we are seeking to completely rethink production – and consistently record and analyse data, from factory planning to production to logistics. Manufacturing companies across OWL will benefit from the findings and experience gained. It's OWL will be organising workshops, tours and transfer projects as part of this“, emphasises Günter Korder, Managing Director of it's OWL Clustermanagement GmbH.

ServiceNavigator: From winning idea to successful start-up

The winning idea from the #horizonteOWL makeathon has become a project under the it's OWL leading-edge cluster. Here's what it is all about: there are many reasons why a machine might fail, and the longer it takes to troubleshoot, the bigger the economic impact. The „ServiceNavigator“ app seeks to help machine manufacturers and operators find and repair faults in an automated process, up to five times faster than previously. Companies can benefit from the app development now by taking part in the project.

The app offers an automated diagnosis tool that systematises finding and repairing the cause of a machine fault when it occurs. This is designed to help service technicians ensure more efficient deployments and document and classify their knowledge for the long term. In the event of service technicians being unavailable, as has been the case during the coronavirus pandemic, the tool even helps operators to help themselves. As well as automating „diagnoses“, the „ServiceNavigator“ also offers what are known as „routines“. After finding the cause of a fault, these also help to rectify it – step by step with visual support.

The app is being developed in two stages. Firstly, it motivates experienced, increasingly rare skilled professionals to document their service knowledge thanks to simple usability and auxiliary training and support functions. The system and integration then enables the data to be analysed by an underlying algorithm. This processes the knowledge, provides it to technicians and operators via the diagnosis tool, and is optimised by regular use.

Thanks to the API-first approach of the specially developed technology base, the „ServiceNavigator“ functions as independent software but can also be integrated into existing portals and ecosystems.

Durch den „API-First-Ansatz“ der eigens entwickelten technologischen Basis funktioniert der „ServiceNavigator“ als eigenständige Software, ist aber auch integrierbar in bereits bestehende digitale Portale und Ökosysteme.

Von der Lösung verspricht sich das Projektteam eine bis zu fünf Mal schnellere Fehlerbehebung und einen messbaren Nutzen auf beiden Seiten, bei den Maschinenbauer*innen und -betreiber*innen. Erste Expertengespräche räumen dem „ServiceNavigator“ einen möglichen Effizienzgewinn von 50 Prozent ein und den Betreibenden eine bis zu zehn-prozentige Steigerung seiner Maschinenverfügbarkeit. Für den Vertrieb der Lösung will das Team ein Start-up gründen.

„Das Projekt zeichnet sich durch einen ungewöhnlich schnellen Transfer zwischen Grundlagenforschung, Geschäftsmodellentwicklung und Gründung aus. Dabei wird ein akuter Handlungsbedarf aus der Industrie zugrunde gelegt. Aus der Idee wird eine für den Markt relevante Lösung entstehen“, sagt Professor Roman Dumitrescu, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement.

Daher kommt die Idee

it's OWL organisierte im Mai 2020 den Makeathon in Kooperation mit dem Fraunhofer IEM und der OstWestfalenLippe GmbH, um während der Coronazeit neue Impulse für die Wirtschaft zu entwickeln. Knapp 200 Teilnehmer*innen waren dem Aufruf gefolgt und haben in 31 Teams insgesamt 15 Herausforderungen aus Unternehmen bearbeitet. Darunter war auch die Herausforderung der Unternehmen GEA, Kraft Maschinenbau und WP Kemper, deren Lösung nun zu einem eigenen Millionenprojekt des Siegerteams geworden ist.

Weniger als ein Jahr später fiel im Frühjahr 2021 nun der Startschuss für das besondere Projekt. „Wir sind begeistert, sowohl von der hervorragenden Idee und der schnellen Umsetzung in ein it's OWL Projekt, als auch von der Förderung durch das Land NRW. Es freut uns vor allem, zu sehen, dass aus dem Gewinnerteam zum größten Teil auch das Projektteam geworden ist“, sagt Günter Korder, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement GmbH.

Die Unternehmen GEA (Oelde), Kraft Maschinenbau und WP Kemper (beide Rietberg) arbeiten als Pilotunternehmen im Projekt und unterstützen das Projektteam bei der Co-Entwicklung und Validierung der Lösung. Weiteres Expertenwissen bekommt das Projektteam von der Digitalisierungsberatung UNITY Consulting & Innovation sowie dem Fraunhofer IEM, dem Fraunhofer IOSB-INA und dem Fraunhofer ENAS.

So kommt it's OWL in der Öffentlichkeit an

Mit innovativen Formaten hat it's OWL 2021 für überregionale Sichtbarkeit gesorgt. Gut besuchte Onlineveranstaltungen und erfolgreiche digitale Karriereevents für den Nachwuchs haben dafür gesorgt, dass die Aktivitäten des Technologie-Netzwerkes eine hohe Aufmerksamkeit in der Fachwelt erregt haben. Neben regelmäßigen Fach- und Pressebeiträgen sowie digitalen Veranstaltungen konnten gemeinsame Anzeigen wie bei den Verlagsspezials zur Hightech-Region OWL in der Wirtschaftswoche im Frühjahr 2021 und in der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung im November dank der Partner, wie dem Heinz Nixdorf Institut, umgesetzt werden.



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



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



www.its-owl.de



Mit dem Projekt „Datenfabrik.NRW“ startete 2021 eine weitere strategische Initiative im Spitzencluster it's OWL. Ziel ist die Erprobung einer datengetriebenen Zukunftsfabrik in Realumgebung. In 2021, the it's OWL leading-edge cluster launched another strategic initiative with the “Datenfabrik.NRW” project. The aim is to trial a data-driven factory of the future in a real environment.

The project team expects the solution to offer up to five times faster troubleshooting and measurable use on both sides, by machine manufacturers and operators. Initial discussions with experts suggest that the “ServiceNavigator” will offer a potential gain in efficiency of 50 percent, and an up to 10 percent increase in machine availability for operators. The team plans to found a start-up to market the solution.

“The project involves immensely rapid transfer between fundamental research, business model development and incorporation. There is an acute need for action on the part of industry in this area. An idea results in the creation of a solution that is relevant for the market”, explains Professor Roman Dumitrescu, Managing Director of it's OWL Clustermanagement.

The birth of the idea

In May 2020, it's OWL organised a makeathon in cooperation with Fraunhofer IEM and OstWestfalenLippe GmbH to create new momentum during the coronavirus crisis. Nearly 200 participants responded to the call, and formed 31 teams tackling a total of 15 challenges from companies. These included challenges submitted by the companies GEA, Kraft Maschinenbau and WP Kemper, a solution for which has now become a million-euro project for the winning team.

Less than a year later in the spring of 2021, the special project got out of the starting blocks. “We are overjoyed with both the exceptional idea and its rapid implementation as part of an it's OWL project, as well as with the funding from

the state of NRW. We are delighted to see that the majority of the winning team have also joined the project team”, explains Günter Korder, Managing Director of it's OWL Clustermanagement GmbH.

GEA (Oelde), Kraft Maschinenbau and WP Kemper (both Rietberg) are serving as pilot companies for the project and helping the team with co-development and validation of the solution. The project team is obtaining further expert knowledge from the digital consulting company UNITY Consulting & Innovation, as well as Fraunhofer IEM, Fraunhofer IOSB-INA and Fraunhofer ENAS.

How it's OWL is received by the public

It's OWL has gained national visibility in 2021 with its innovative formats. Well attended online events and successful digital career events for young talent have ensured that the technology network's activities have received a high level of attention in the professional world. Following regular specialist and media articles and digital events, joint advertisements (such as the special publications on the OWL high-tech region) were deployed in “Wirtschaftswoche” in the spring of 2021 and in the “Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung” in November thanks to partners such as the Heinz Nixdorf Institute.



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



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

Internationalität

Wir kooperieren mit 61 ausländischen Partnern.
We cooperate with 61 partners from abroad.

- 1 | Australien Australia
Oracle Labs • Monash University •
Queensland University of Technology
- 2 | Albanien Albania
Universiteti i Tiranës
- 3 | Bosnien und Herzegowina Bosnia and Herzegovina
Univerzitet u Sarajevu • Univerzitet u Banjoj Luci
- 4 | Brasilien Brazil
University of Campinas
- 5 | Chile Chile
University of Chile
- 6 | Dänemark Denmark
Technical University of Denmark
- 7 | England England
University of Liverpool • University of Warwick •
Loughborough University • National Physics Laboratory •
The Open University
- 8 | Finnland Finland
COMATEC Oy • Microteam Oy • Minima Processor
- 9 | Indien India
IIT Kanpur
- 10 | Japan Japan
Fujikura Ltd.
- 11 | Kanada Canada
Polytechnique Montreal • Carleton University •
University of Alberta • McGill University
- 12 | Kroatien Croatia
University Zagreb
- 13 | Libanon Lebanon
Haigazian University • Lebanese American University
- 14 | Luxemburg Luxembourg
SnT Universität Luxembourg
- 15 | Mazedonien Macedonia
Ss. Cyril and Methodius University
- 16 | Montenegro Montenegro
Univerzitet Crne Gore
- 17 | Niederlande Netherlands
Delft University of Technology • UT University of Twente •
Noldus Information Technology • Vrije Universiteit
- 18 | Norwegen Norway
University of Bergen • University of Oslo •
University of South-Eastern Norway
- 19 | Russland Russia
Altaier Staatliche Technische Polsunov-Universität
- 20 | Schweden Sweden
Mälardalen University
- 21 | Schweiz Switzerland
University of Lugano • Google Inc.
- 22 | Serbien Serbia
University of Belgrade
- 23 | Spanien Spain
IMDEA • Universitat Politècnica de Catalunya
- 24 | Südkorea South Korea
Korea Advanced Institute of Science and Technology
- 25 | Tschechien Czech Republic
Charles University Prague



Internationality



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

- 26 | USA USA
SiFive • Iowa State University • Microsoft • Microsoft
Research • NC State University • Carnegie Mellon
University • Penn State University • Northeastern
University Boston • Google Inc. • Oracle Inc. •
Purdue University • ABB Corporate Research •
Google Research • The George Washington University •
Concordia University • II-VI Incorporated

Im Heinz Nixdorf Institut arbeiten 15 Mitarbeiter*innen aus 8 Ländern.
15 employees from 8 countries work at the Heinz Nixdorf Institute.

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

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.

2021 haben mehr als 180 Studierende bei uns ihre Abschlussarbeit erstellt. 90 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). 46 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 Spieltheorien, Wirtschaft und Algorithmen beschäftigt. Die Welt besteht aus vielen interagierenden Parteien, die versuchen, ihre eigenen Interessen zu optimieren. Er analysiert das Verhalten in solchen Interaktionen, wobei er davon ausgeht, dass jede Partei ihre Interessen optimal verfolgt. Seit Kurzem analysiert er stabile Zustände von Interaktionen und verschiedene Methoden zur Beeinflussung der Interaktion, die aus Subventionen, Steuern oder der Kontrolle einiger der interagierenden Parteien bestehen kann. Ein angrenzender Bereich seiner Forschung betrachtet die Frage, wie sich eine unvollkommene Koordination auf die Effizienz eines Gleichgewichts aus-

wirkt. Darüber hinaus modelliert und untersucht er das Verhalten von Akteur*innen in sozialen Netzwerken aus algorithmischer und spieltheoretischer Sicht und befasst sich mit der Lockerung der Annahmen einiger bekannter exakter Algorithmen auf Kosten einer Annäherung an das Ergebnis, anstatt eine optimale Lösung zu finden. Mit dieser Expertise trägt er zum Teilprojekt A3 des Sonderforschungsbereichs „On-The-Fly Computing“ bei.

Julia Timmermann leitet die vom BMBF geförderte Nachwuchsforschungsgruppe „DART – Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik“. Ziel dieses Projektes ist es, neuartige hybride Methoden zu entwickeln, die Bestandteile aus klassischen regelungstechnischen Methoden mit maschinellem Lernen sinnvoll verbinden. Erste Erkenntnisse legen nahe, dass die Nutzung von physikalischem Vorwissen über mechatronische Systeme bei der Auslegung von hybriden Modellen und Reglern deutliche Vorteile bietet. Untersucht werden z. B. hybride Modelle in denen künstliche neuronale Netze verwendet werden, die beim Lernen physikalische Gesetzmäßigkeiten berücksichtigen. Dadurch erhalten die normalerweise nicht interpretierbaren neuronalen Netze (Black-Box-Modelle) eine Bedeutung im physikalischen Kontext. Weiteres Ziel ist es die hybriden Modelle für den regelungstechnischen Entwurf zu verwenden.

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 2021, more than 180 students wrote their thesis with us. 90 especially talented graduates are well on their way to successfully completing their post-graduate studies. Our commitment to developing young talent can also be seen in our involvement with the two “Forschungskollegs” (page 23). 46 of our graduates already have a professorship.

Getting ready for a university career

We strongly promote and support employees wishing to pursue a university career:

Gleb Polevoy is the head of the “Algorithmic game theory” workgroup, working in game theory, economics and algorithms. The world is combined from multiple interacting parties, each trying to optimise their own interests. He analyses behaviours in such interactions, sometimes adjusting the interactions, aiming to predict and improve the situation. Recently, he has been analysing the stable states of interactions and various methods to influence the interaction to make the players behave in a desired way. Such influence may be subsidies, taxes or controlling some of the interacting parties. An adjacent area of his research considers how efficiency is impacted by imperfect coordination on an equilibrium. In addition, he

models and studies network countenance of agents with social network analysts from the algorithmic and game-theoretic points of view. In the efficiency improvement direction, 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. With the above expertise, he contributes to the subproject A3 of Collaborative Research Centre “On-The-Fly Computing”.

Julia Timmermann leads the BMBF-funded junior research group “DART – Data Driven Methods in Control Engineering”. The goal of this project is to develop novel hybrid methods that meaningfully combine components from classical control engineering methods with machine learning. The initial results of the research suggest that the use of prior physical knowledge about mechatronic systems offers significant advantages in the design of hybrid models and controllers. For example, the DART research group is investigating hybrid models in which artificial neural networks are used that take physical principles into account during learning. This gives the normally uninterpretable neural networks (black-box models) a meaning in the physical context. A further goal is to use the hybrid models for control engineering design.

Unsere Kooperationspartner in der Industrie

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



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

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 39 junge Menschen eine Berufsausbildung erfolgreich abgeschlossen (fünf Elektroniker/-innen für Geräte und Systeme, eine Informatikkauffrau und 33 Fachinformatiker/-innen, Fachrichtung Systemintegration). Die aktuellen Auszubildenden sind:

Elektroniker für Geräte und Systeme:

- Aaron Jay Flinn
- Matthias Sürig

Fachinformatiker/-innen – 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, 39 young people have completed their apprenticeship with us (five 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
- Matthias Sürig

Computer scientist, subject area system integration:

- Justus Feldmann

»» Mit der Ausbildung habe ich mein Hobby und meine Leidenschaft zum Beruf gemacht. ««

»» The training has allowed me to turn my hobby and passion into my profession. ««

Justus Feldmann

Was wurde aus unseren Alumni?

1.

Dr.-Ing. Maximilian Frank

Unternehmen: UNITY Schweiz AG
Maximilian Frank ist Senior Berater bei der UNITY Schweiz AG. Dort übernimmt er Verantwortung für Beratungsprojekte in vielerlei Branchen und für die langfristige Kundenentwicklung. Er berät Unternehmen bei Innovationen, ihrer strategischen Ausrichtung und bei der Bewältigung des digitalen Wandels.
Promotion 2021 bei Prof. Gausemeier an der Universität Paderborn

2.

Prof. Dr. Klaus Volbert

Forschung: Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
Klaus Volbert war von 2005 bis 2010 als Software-/System-Architekt und Projektleiter für einen international führenden Energiedienstleister in Essen tätig und ist seit 2010 Professor für Informatik an der OTH Regensburg. Er beschäftigt sich insbesondere mit intelligenten und vernetzten Systemen (z. B. Mobile Ad-hoc-Netze, Sensornetze, im Bereich der Energieinformatik, im Internet der Dinge) und ist einer der Direktor*innen im Regensburger Energieforschungszentrum (Regensburg Center of Energy and Resources, RCER).
Promotion 2005 bei Prof. Dr. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn

3.

Johannes Geismann

Unternehmen: Miele & Cie. KG
Johannes Geismann ist als IT Security Consultant tätig und zuständig für Beratung und Konzeptplanung im Bereich IT-Sicherheit für OT (Operational Technology).

4.

Prof. Dr.-Ing. Peter Reinold

Forschung: Fachhochschule Bielefeld
Peter Reinold ist Professor für das Lehrgebiet „Mechatronischer Systementwurf“ an der Fachhochschule Bielefeld. Er lehrt in verschiedenen Bachelor- und Masterstudiengängen und engagiert sich in der anwendungsbezogenen Forschung im Bereich der Mechatronik.
Promotion 2016 bei Prof. Trächtler an der Universität Paderborn

5.

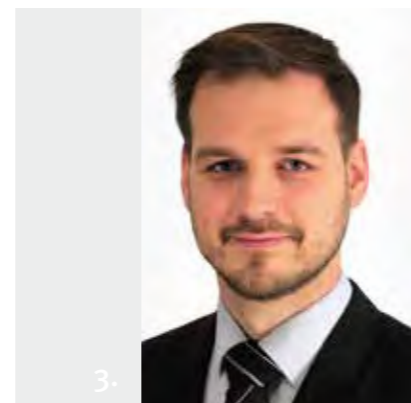
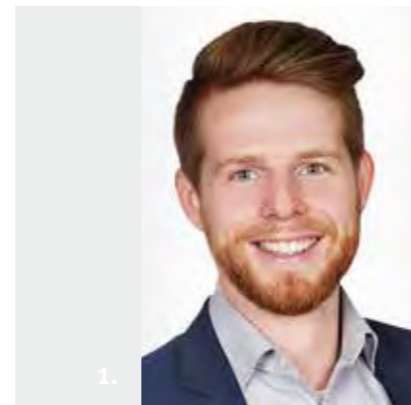
Dr.-Ing. Patrick Taplick

Unternehmen: Behr-Hella Thermocontrol GmbH
Patrick Taplick ist System Engineer in der Abteilung R&D System Engineering. Dort arbeitet er an der Realisierung komplexer HMI- und Klimamanagement-Lösungen für internationale OEMs für die Automotive Branche.
Promotion 2021 bei Prof. Gräßler an der Universität Paderborn

6.

Prof. Dr. rer. nat. Tim Süß

Forschung: Hochschule Fulda
Tim Süß ist Professor für Paralleles Rechnen an der Hochschule Fulda. Im Rahmen seiner Forschung beschäftigt er sich mit Speichersystemen, Automatischer Parallelisierung und Parallelen Algorithmen.
Promotion 2011 bei Prof. Dr. Meyer auf der Heide an der Universität Paderborn



Our graduates' careers

1.

Dr.-Ing. Maximilian Frank

Company: UNITY Schweiz AG
Maximilian Frank is a senior consultant at UNITY Schweiz AG. There, he is responsible for consulting projects in a wide range of industries and for long-term client development. He advises companies on innovations, their strategic alignment and the mastery of digital transformation.
Graduated in 2021 with Prof. Gausemeier at Paderborn University

2.

Prof. Dr. Klaus Volbert

Research: Technical University of Applied Sciences Regensburg
Klaus Volbert worked from 2005 to 2010 as a software-/system-architect and project leader for an international leading energy company in Essen and has been professor for computer science since 2010 at the OTH Regensburg. He especially works on intelligent and networked systems (e.g. mobile ad-hoc networks, sensor networks, in the area of energy informatics, in the Internet of Things) and is one of the directors of the Regensburg Center of Energy and Resources (RCER).
Graduated in 2005 with Prof. Dr. Meyer auf der Heide at Paderborn University

3.

Johannes Geismann

Company: Miele & Cie. KG
Johannes Geismann works as an internal IT Security Consultant and is responsible for consulting and concept planning in the area of IT security for OT (Operational Technology).

4.

Prof. Dr.-Ing. Peter Reinold

Research: Bielefeld University of Applied Sciences
Peter Reinold is a professor for "Mechatronic System Design" at Bielefeld University of Applied Sciences. He teaches in various bachelor's and master's degree programmes and is involved in application-oriented research in the field of mechatronics.
Graduation 2016 with Prof. Trächtler at Paderborn University

5.

Dr.-Ing. Patrick Taplick

Company: Behr-Hella Thermocontrol GmbH
Patrick Taplick is a System Engineer in the R&D System Engineering department. He works on the implementation of complex HMI and climate management solutions for international OEMs for the automotive industry.
Graduated in 2021 with Prof. Gräßler at Paderborn University

6.

Prof. Dr. rer. nat. Tim Süß

Research: University of Applied Sciences Fulda
Tim Süß is Professor for Parallel Computing at the University of Applied Sciences Fulda. His research focuses on storage systems, automatic parallelisation and parallel algorithms.
Graduation in 2011 with Prof. Dr. Meyer auf der Heide at Paderborn University



Portraits der Fachgruppen



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

Fachgruppen des Instituts

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

Algorithmen und Komplexität

Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

Schaltungstechnik

Integrierte Schaltungen für Kommunikation und Sensorik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Regelungstechnik und Mechatronik

Entwurf, Regelung und Optimierung intelligenter mechatronischer Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Assoziierte Fachgruppe

Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Nachdenken über Wissenschaft und Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Workgroup portraits



Workgroups of the institute

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

Algorithms and Complexity

High performance = Innovative computer systems + Efficient algorithms

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide

System and Circuit Technology

Integrated circuits for ultra-fast communication and sensors

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Control Engineering and Mechatronics

Design, control and optimisation of intelligent mechatronic systems

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Associated Workgroup

Philosophy of Science and Technology

Reflecting on science and technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Zuverlässigkeit und Angriffssicherheit softwareintensiver Systeme

Prof. Dr. Eric Bodden

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

E-Mail: eric.bodden@upb.de

Telefon: +49 5251 | 60 65 63

 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

Phone: +49 5251 | 60 65 63

 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 softwareelastige Systeme so entwickelt werden, dass Sicherheit von Anfang an ein fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses ist. So entwickeln wir Methoden, mit denen Softwareentwickler Sicherheitsanforderungen ganzheitlich erfassen können, um sie dann mit Angriffsmodellen und Bedrohungsniveaus abzugleichen. In einem zweiten Schritt werden diese Anforderungen dann gegen die konkrete Implementierung im Programmcode verglichen. Hier setzen wir vor allem auch auf Werkzeuge zur automatisierten Codeanalyse, die sich beispielsweise Techniken der statischen oder dynamischen Analyse bedienen, aber auch auf Werkzeuge zur Generierung beweisbar 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

Im Januar 2021 promovierte Andreas Fischer mit Auszeichnung zum Thema „Computing on Encrypted Data using Trusted Execution Environments“. Fischer präsentiert eine neuartige Architektur, die kryptografische Verfahren mit einem Hardware-sicherheitsmodul kombiniert, um mit verschlüsselten Daten zu rechnen. Im Vergleich zu einer rein auf Hardware-basierter Sicherheit beruhenden Lösung bietet der vorgestellte Ansatz eine minimale und programmunabhängige Softwarebasis, die über alle Anwendungen hinweg wiederverwendet werden kann. Somit wird die Angriffsfläche für Softwareschwachstellen in der geschützten Anwendung erheblich reduziert. Im Vergleich zu einer ausschließlich auf vollhomomorpher Verschlüsselung basierenden Lösung wird eine hohe Effizienz erreicht, da Kontrollflussentscheidungen unterstützt werden und Chiffre-Operationen erheblich effizienter sind. Fischers Ansatz wurde unter anderem in der Optimierung des Ladebetriebs elektrischer Fahrzeuge erfolgreich auf Praxistauglichkeit getestet.

Im Oktober wurde die Dissertation von Linghui Luo mit dem Titel „Improving Real-World Applicability of Static Taint Analysis“ mit Auszeichnung abgeschlossen. Diese Dissertation konzentriert sich darauf, die Praxistauglichkeit der statischen Taint-Analyse zu verbessern. Sie befasst sich mit drei bestehenden Problemen, die den Einsatz der statischen Taint-Analyse in der Praxis behindern. Statische Taint-Analyse ist eine Programmanalysetechnik, mit der böse Software und eine Vielzahl von Sicherheitslücken aufgespürt werden können. Obwohl sowohl in der Industrie als auch im akademischen Bereich viele statische Taint-Analyse-Werkzeuge entwickelt wurden, werden nur sehr wenige davon in der Industrie eingesetzt – und dies ungeachtet der Bedeutung der Probleme, die diese Werkzeuge erkennen können.

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 from the outset by developing software-based systems which include security as an integral part of the development process right from the very beginning. Therefore, we develop methods which enable software developers to ascertain all the security requirements from a holistic perspective and then compare them with attack models and threat levels. In a second step, these requirements are compared with concrete implementation in program code. At this point, we primarily employ automatic code analysis tools which can, for example, apply the techniques of static or dynamic analysis, but we also make use of tools to generate demonstrably secure program code from abstract, partly human-readable specifications.

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

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

Andreas Fischer received his PhD with honors in January 2021 for “Computing on Encrypted Data using Trusted Execution Environments”. Fischer presents a novel architecture that combines cryptographic techniques with a hardware security module to compute on encrypted data. Compared to a solution based purely on hardware-based security, the presented approach provides a minimal and program-independent software base that can be reused across all applications. Thus, the attack surface for software vulnerabilities in the protected application is significantly reduced. Compared to a solution based solely on fully homomorphic encryption, a high level of efficiency is achieved as control flow decisions are supported and ciphertext operations are significantly more efficient. Fischer’s approach has been successfully tested for practicality in the optimisation of electric vehicle charging operations, among other applications.

In October, Linghui Luo’s dissertation entitled “Improving Real-World Applicability of Static Taint Analysis” was completed with honors. This dissertation focuses on improving the real-world applicability of static taint analysis. It addresses three existing problems that hinder the use of static taint analysis in practice. Static taint analysis is a program analysis technique used to detect malicious software and a variety of security vulnerabilities. Although many static taint analysis tools have been developed in both industry and academia, very few of them are used in industry, and this regardless of the importance of the problems these tools can detect.

Amazon-Forschungspreis geht an Professor Eric Bodden

HybridCG

Seit 2015 wird der Amazon Research Award (ARA) verliehen, um wissenschaftliche Projekte in Bereichen wie Robotik, maschinellem Lernen oder Sicherheit zu fördern. Seither wurden im Rahmen des Programms 300 Awards an 120 Universitäten in 20 Ländern übergeben.

Für 2020 ging eine Rekordzahl an Bewerbungen ein
Professor Eric Bodden zählt in diesem Jahr zu den erfolgreichen Empfänger*innen des Preises. Mit der Verleihung des Amazon Research Awards erhält Bodden eine Forschungsförderung in Höhe von 60.000 US-Dollar. Neben der finanziellen Förderung bietet Amazon zudem eine wissenschaftliche Konferenz für die Preisträger*innen, die eine interessante Möglichkeit zum Austausch und zur Vorstellung ihrer Projekte darstellt.

Sicherheitslücken frühzeitig finden

Hackerangriffe, beispielsweise in Form von Erpressungs-Trojern, stellen eine zunehmend ernste Bedrohung für Wirtschaft und Gesellschaft dar. Jeder Hackerangriff wird letztendlich ermöglicht durch die Ausnutzung von Sicherheitslücken im Programmcode einer Softwareanwendung. Um solche Lücken frühzeitig und automatisiert aufzufinden und entfernen zu können, gibt es die sogenannte statische Codeanalyse. Während dieses Verfahren für eine Bandbreite von Anwendungen schon sehr zuverlässige Ergebnisse liefert, ist es aktuell noch sehr schwierig, Webanwendungen in der Programmiersprache „Java“ damit zu überprüfen.

Wie kann HybridCG dazu beitragen, die Situation zu verbessern?

Bodden befasst sich im geförderten Projekt „HybridCG – Dynamically-enriched Call-Graph Generation of Java Enterprise Applications“ mit der Verbesserung automatisierter Code-Analysen. In den vergangenen Jahren erfährt die Anwendung statischer Code-Analysen eine zunehmende Verbreitung, vor allem bei der Erkennung von Sicherheitslücken in Softwareprogrammen. Insbesondere bei der Analyse von Java-Webapplikationen ist das Berechnen eines vollständigen und präzisen Call Graphs ein grundlegendes Problem. Moderne Web-Frameworks wie beispielsweise Spring rufen bestimmte Programmteile selbsttätig auf, was Code-Analysen entsprechend modellieren müssen, um zu korrekten und präzisen Ergebnissen zu gelangen.

Mit seinem Projekt „HybridCG“ will Bodden die Qualität solcher Call Graphs für Java Enterprise-Anwendungen optimieren. Sein



Professor Eric Bodden

Vorschlag ist, mit dem Projekt „HybridCG“ eine Werkzeugkette zu entwickeln, die die statischen Call Graphs mit dynamischen Informationen aus der Laufzeit anreichert. Nach Fertigstellung des Projekts kann „HybridCG“ dann in bereits existierenden Code-Analysen integriert werden. Erprobt werden soll der Ansatz auf Basis des Open Source-Programmanalyseframeworks Soot, das am Heinz Nixdorf Institut gewartet wird und bereits bei Amazon Web Services zum Einsatz kommt.

Förderung durch Amazon

Bodden freut sich über die Förderung: „Java-Webapplikationen nehmen in der gesamten IT-Branche einen hohen Stellenwert ein. Umso mehr freut es mich, dass wir mit der Förderung durch Amazon mehr Sicherheit für einen so breiten Anwendungskontext werden schaffen können!“



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



Gefördert durch: Amazon

Amazon Research Award goes to Professor Eric Bodden

HybridCG

Since 2015, the Amazon Research Award (ARA) has been presented to promote scientific projects in areas such as robotics, machine learning or security. Since then, the program has presented 300 awards to 120 universities in 20 countries.

A record number of applications was received for 2020

Professor Eric Bodden is one of the successful recipients of the award this year. With the Amazon Research Award, Bodden will receive a research grant of USD 60,000. In addition to the financial support, Amazon also offers a scientific conference for the award winners, which is an interesting opportunity to exchange ideas and present their projects.

Find security holes at an early stage

Hacker attacks, for example in the form of ransomware trojans, pose an increasingly serious threat to the economy and society. Every hacker attack is ultimately made possible by exploiting security gaps in the program code of a software application. In order to be able to detect and remove such gaps at an early stage and in an automated manner, there is the so-called static code analysis. While this method already delivers very reliable results for a wide range of applications, it is currently still very difficult to use it to check web applications in the “Java” programming language.

How can HybridCG help to improve the situation?

Bodden is working on improving automated code analysis in the funded project “HybridCG Dynamically-enriched Call-Graph Generation of Java Enterprise Applications”. In recent years, the use of static code analysis has become increasingly widespread, especially in the detection of security vulnerabilities in software programs. In particular, when analysing Java web applications, computing a complete and accurate call graph is a fundamental problem. Modern web frameworks such as Spring, for example, call certain program parts automatically, in which the code analyses have to model accordingly in order to arrive at correct and precise results.

With his project “HybridCG” Bodden wants to optimise the quality of such call graphs for Java enterprise applications. His proposal is to use the “HybridCG” project to develop a tool chain that enriches static call graphs with dynamic information from the runtime. After completion of the project, “HybridCG” can

then be integrated into existing code analyses. The approach will be tested on the basis of the open-source program analysis framework Soot, which is maintained at the Heinz Nixdorf Institute and is already in use at Amazon Web Services.

Funding by Amazon

Bodden is very happy about the funding: “Java web applications are very important for the entire IT industry. I am all the more pleased that we will be able to create more security for such a broad application context with the funding from Amazon!”



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



Supported by: Amazon

Automatisierte Risikoanalyse unter Berücksichtigung von Open Source-Abhängigkeiten

In diesem Projekt erforschen Wissenschaftler*innen von SAP SE in Sophia Antipolis gemeinsam mit Wissenschaftler*innen der Fachgruppe „Secure Software Engineering“, wie Techniken aus der Qualitätssicherung von Diensten in On-The-Fly-Dienstleistungsmärkten auf das drängende Problem der sicheren Verwaltung von Open Source-Abhängigkeiten in großen Softwareentwicklungs-Ökosystemen angewendet werden können.

Motivation

Insbesondere geht es in dem Projekt darum, neuartige Techniken zu erforschen, zu entwickeln und zu bewerten, um die Einbindung anfälliger Abhängigkeiten von Drittanbietern in Software-Kompositionen effizient und präzise zu erkennen und zu entschärfen. Öffentlich verfügbare Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass aktuelle Software oft zu 90 Prozent aus Code von Drittanbietern besteht, oft in der Form von Bibliotheken oder Rahmenwerken, und dass diese Drittanbietersoftware jedoch regelmäßig mit bekannten Sicherheitslücken behaftet ist.

Neues Transferprojekt

Das Projekt zielt darauf ab, eine Open Source-Werkzeugkette namens HEKTOR aufzubauen, die die sichere Entwicklung von Anwendungen und Diensten unterstützt. Zu diesem Zweck baut das Projekt direkt auf den jüngsten Entwicklungen des SFB-Teilprojekts B4 auf, in dem auch Transferprojektleiter Professor Eric Bodden mitwirkt. Diese Entwicklungen sollen prinzipiell eine präzise und effiziente Analyse von Software-Artefakten in großem Umfang ermöglichen. Im Rahmen dieses Projektes werden die entwickelten Techniken erweitert und ihre Wirksamkeit in einer realen Umgebung bei der Partnerfirma SAP SE validiert. Auch SAP setzt regelmäßig Software von Drittanbietern in eigenen Projekten ein und ist daher sehr an schlanken und möglichst stark automatisierten Prozessen interessiert, um die Sicherheit dieser Software zu managen.

Das Werkzeug HEKTOR wird es Entwickler*innen – von SAP und darüber hinaus – ermöglichen, das Risiko abzuschätzen, das mit der Verwendung von Drittanbieter-Abhängigkeiten verbunden ist. Durch neu entdeckte Techniken für ein effektives Fingerprinting wird HEKTOR in der Lage sein, Schwachstellen auch dann zuverlässig zu identifizieren, wenn der betreffende Code neu gepackt oder aus dem Quellcode neu kompiliert wurde. In einer gerade zur Veröffentlichung angenommenen Publikation konnte die Fachgruppe zeigen, dass dies ein in der Praxis häufig anzutreffendes Problem darstellt. Mangels eines solchen Fingerprintings können aktuelle Ansätze bisher die mit Schwachstellen behafteten Komponenten nicht zuverlässig erkennen.



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



Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektpartner: SAPS SE, Sophia Antipolis

Darüber hinaus ermöglicht HEKTOR Entwickler*innen durch Gegenmaßnahmen wie die automatische Minimierung von Bibliotheken, die Angriffsfläche ihrer Anwendungen zu minimieren und deren Ausführung auch gegen bestimmte, noch unbekannt Schwachstellen wirksam abzusichern. Eine solche Minimierung reduziert den Programmcode der von der Softwareapplikation genutzten Bibliotheken nur auf genau den Code, der tatsächlich zur Ausführung kommen kann. Studien haben gezeigt, dass sich hierdurch oftmals 70–80 Prozent des Programmcodes entfernen lassen. Schwachstellen in diesem Code – ob bereits bekannt oder nicht – können dann nicht mehr von Angreifer*innen ausgenutzt werden.

Partnerschaft mit SAP

In Zusammenarbeit mit SAP, einem weltweit führenden Unternehmen in der Entwicklung und Bereitstellung von Cloud-Diensten für den Business-to-Business-Bereich, möchte die Fachgruppe HEKTOR so implementieren und evaluieren, dass es in großem Maßstab und für eine große und vielfältige Anzahl von realen Softwareentwicklungsprojekten eingesetzt werden kann. „Mit Henrik Plate und Dr. Serena Ponta von SAP Research haben wir zwei exzellente Wissenschaftler*innen für das Projekt gewinnen können, mit denen wir bereits in der Vergangenheit erfolgreich zusammengearbeitet haben. Die enge Zusammenarbeit mit SAP ermöglicht es uns, eine Lösung zu erarbeiten, die auch wirklich die Chance hat, einen sehr positiven praktischen Impact zu haben. Alle Lösungen werden wir als Open Source verfügbar machen.“, so Bodden. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert das Projekt mit zwei Stellen über drei Jahre. Beide Stellen konnten bereits besetzt werden.

Automated risk analysis considering open source dependencies

In this project, scientists from SAP SE in Sophia Antipolis together with scientists from the “Secure Software Engineering” workgroup are investigating how techniques from the quality assurance of services in on-the-fly service markets can be applied to the pressing problem of securely managing open source dependencies in large software development ecosystems.

Motivation

In particular, the project aims to explore, develop and evaluate novel techniques to efficiently and accurately detect and mitigate the inclusion of vulnerable third-party dependencies in software compositions. Publicly available studies in recent years have shown that current software is often 90 percent third-party code, often in the form of libraries or frameworks, and that this third-party software is, however, regularly riddled with known security vulnerabilities.

New transfer project

The project aims to build an open source tool chain called HEKTOR that supports the secure development of applications and services. To this end, the project builds directly on the recent developments of the SFB subproject B4, in which transfer project leader Professor Eric Bodden is also involved. These developments should in principle enable a precise and efficient analysis of software artefacts on a large scale. In this project, the developed techniques will be extended and their effectiveness validated in a real environment at the partner company SAP SE. SAP also regularly uses third-party software in its own projects and is, therefore, very interested in lean and highly automated processes to manage the security of this software.

The HEKTOR tool will enable developers – from SAP and beyond – to assess the risk associated with using third-party dependencies. Using newly discovered techniques for effective fingerprinting, HEKTOR will be able to reliably identify vulnerabilities even if the code in question has been repackaged or recompiled from source code. In a paper just accepted for publication, the “Secure Software Engineering” workgroup was able to show that this is a problem frequently encountered in practice. In the absence of such fingerprinting, current approaches have so far been unable to reliably detect components that are afflicted with vulnerabilities.

In addition, HEKTOR enables developers to minimise the attack surface of their applications through countermeasures such as the automatic minimisation of libraries as well as to effectively

secure their execution against specific, as yet unknown vulnerabilities. Such minimisation reduces the program code of the libraries used by the software application to precisely that code that can actually be executed. Studies have shown that 70–80 percent of the program code can often be removed in this way. Vulnerabilities in this code – whether already known or not – can then no longer be exploited by attackers.

Partnership with SAP

In collaboration with SAP, a global leader in the development and delivery of cloud services for business-to-business, the group aims to implement and evaluate HEKTOR such that it is ready to be applied on a large scale and for a large and diverse number of real-world software development projects. “With Henrik Plate and Dr Serena Ponta from SAP Research, we have been able to recruit two excellent scientists for the project, with whom we have already collaborated successfully in the past. The close collaboration with SAP enables us to develop a solution that has a real chance of having a very positive practical impact. We will make all the solutions available as open source,” says Bodden. The German Research Foundation is funding the project with two positions over three years. Both positions have already been filled.



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



Supported by: German Research Foundation (DFG)
Project partners: SAP SE, Sophia Antipolis

IDE-Unterstützung für cloudbasierte statische Analysen

Praktikumsprojekt bei AWS wurde zur Veröffentlichung

Ein Forschungspapier mit dem Titel „IDE Support for Cloud-Based Static Analyses“ (IDE-Unterstützung für cloudbasierte statische Analysen), das auf der Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE) im August dieses Jahres vorgestellt wurde, stammt aus dem Praktikumsprojekt von Linghui Luo bei Amazon Web Services.


Die Integration von SAST-Tools (Static Application Security Testing Tools) in die kontinuierliche Integration (CI) oder die kontinuierliche Bereitstellung (CD) hat sich zur besten Praxis für die Gewährleistung von Softwarequalität und -sicherheit entwickelt. In der Praxis sieht der Arbeitsablauf beim Einsatz von SAST-Tools in CI/CD folgendermaßen aus: Die Entwickler*innen schreiben den Code in ihren IDEs und geben ihn dann in ein Git-Repository ein, was ein SAST-Tool veranlasst, den Code zu analysieren. Um die Ergebnisse zu sehen, müssen sich die Entwickler*innen bei einem Dashboard in ihrem Webbrowser anmelden. Studien zeigen, dass Entwickler die Ergebnisse von SAST-Tools direkt in ihren IDEs sehen möchten.


Linghui Luo, die als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Secure Software Engineering“ tätig ist, untersuchte in ihrem Praktikum bei Amazon Web Services (AWS), wie dieser Wunsch von Entwickler*innen realisiert werden kann. Luos Praktikumsziel war es, zu überlegen, wie die IDE-Unterstützung für Amazon CodeGuru Reviewer aufgebaut werden kann, um den Arbeitsablauf von Entwickler*innen zu verbessern. CodeGuru Reviewer führt Analysen in der Cloud durch, was ideal für SAST-Tools ist, die tiefgehende Analysen, die für das Auffinden von Sicherheitslücken erforderlich sind, durchführen. Im Gegensatz zu einem klassischen SAST-Tool, das auf einem lokalen Rechner ausgeführt wird, können Benutzer*innen mit einem Cloud-basierten SAST-Tool wie CodeGuru Reviewer zu anderen Aufgaben wechseln, während das Tool in der Cloud ausgeführt wird, ohne Ressourcen auf ihren Rechnern zu belegen. Dies bringt jedoch auch einige Probleme bei der Benutzerfreundlichkeit mit sich, da die Benutzer*innen mehrere Schritte durchlaufen müssen, um die von CodeGuru Reviewer gefundenen Probleme in ihrem Webbrowser anzuzeigen. Können Entwickler*innen direkt über ihre IDEs mit CodeGuru Reviewer interagieren? Wie sollte eine solche IDE-Lösung gestaltet sein?

Um diese Fragen zu beantworten, wählte Luo einen benutzerzentrierten Ansatz. Zusammen mit Wissenschaftler*innen von AWS führte sie eine mehrstufige Nutzerstudie mit Entwickler*innen bei AWS durch. Zunächst interviewte sie Entwickler*innen, um

zu verstehen, was sie von der IDE-Integration erwarten. Wann und wie sollte die Analyse beginnen? Wie sollten die Ergebnisse in ihren IDEs angezeigt werden? Die Antworten auf diese Fragen sind nicht einfach, da gängige statische Analysetools, die in IDEs integriert sind, eine einfache Analyse durchführen und innerhalb weniger Sekunden ein Feedback geben können, während cloudbasierte SAST-Tools in der Regel mehrere Minuten benötigen. Während die Analyse in der Cloud läuft, haben die Entwickler*innen möglicherweise zusätzlichen Code geschrieben, wodurch die Ergebnisse in Bezug auf den Code in den IDEs der Entwickler*innen ungültig sind. Auf der Grundlage des Feedbacks von Entwickler*innen baute Luo einen IDE-Prototyp für CodeGuru Reviewer. Anschließend führte sie Usability-Tests mit einer Gruppe von Entwicklern durch, um zu testen, ob sich die IDE-Lösung im Vergleich zur bestehenden Web-Lösung besser in den Arbeitsablauf der Entwickler*innen einfügt.

Die Studie zeigte, dass die IDE-Integration die Nutzung von dem SAST-Tool förderte. Die Entwickler*innen scannten den Code im Vergleich zur Web-Lösung dreimal so oft. Sie behoben die Fehler auch effizienter. Einige Entwickler*innen waren jedoch verwirrt über den Arbeitsablauf einer solchen IDE-Integration. Künftige Arbeiten sollten untersuchen, wie solche IDE-Integration intuitiver gestaltet werden kann.

 **Linghui Luo, M.Sc.**
E-Mail: linghui.luo@upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 65 68

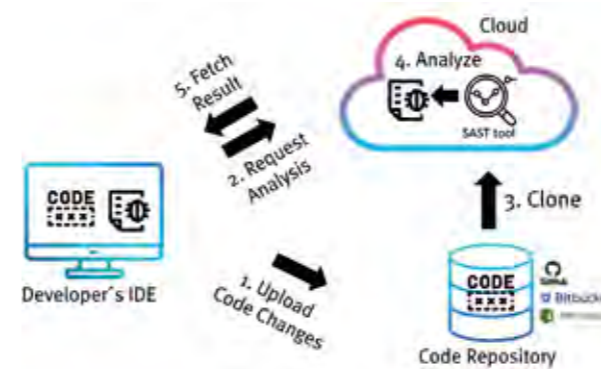
 Projektpartner: Amazon Web Services, Inc.

IDE support for cloud-based static analyses

Internship project at AWS blossomed into a publication


A research paper entitled “IDE Support for Cloud-Based Static Analyses” presented at the Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE) in August this year came from Linghui Luo’s internship project at Amazon Web Services.


Integrating Static Application Security Testing (SAST) tools into continuous integration (CI) or continuous delivery (CD) has become the best practice for assuring software quality and security. In practice, the current workflow of using SAST tools in CI/CD is as follows: Developers write code in their IDEs, and then commit and push code into a Git repository, which will trigger a SAST tool to run a scan on the code. To view the results, developers must login to a dashboard in their web browsers. Recent studies report that developers want to see the results of these SAST tools directly in their IDEs.



Typischer Workflow bei Benutzung des IDE-Prototyps
A typical workflow using the IDE prototype

Linghui Luo, who is a research associate in the “Secure Software Engineering” workgroup, explored how this wish of developers can be realised in her internship at Amazon Web Services (AWS). Luo’s internship goal was to think how IDE support for Amazon CodeGuru Reviewer can be built to improve developers’ workflow. CodeGuru Reviewer performs analysis

 **Linghui Luo, M.Sc.**
E-mail: linghui.luo@upb.de
Phone: +49 5251 | 60 65 68

 Project partner: Amazon Web Services, Inc.

tasks in the cloud, which is ideal for SAST tools that perform deep analysis that is required for finding security flaws. Unlike a traditional SAST tool that runs on a local machine, a cloud-based SAST tool like CodeGuru Reviewer allows users to switch to other tasks while the tool is running in the cloud without taking up any resource of their machines. But this also comes with some usability issues because users have to go through multiple steps to view issues found by CodeGuru Reviewer in their web browsers. Can developers interact with CodeGuru Reviewer directly through their IDEs? How should such an IDE solution be designed?

To answer these questions, Luo took a user-centric approach. Together with scientists at AWS, she conducted a multiple-staged user study with developers at AWS. First, she interviewed developers to understand what they expected from the IDE integration of cloud-based SAST tools. When and how should the scan start? How should the results be shown in their IDEs? The answers to these questions are not straightforward, as common static analysis tools integrated into IDEs run shallow analysis and can give feedback in a few seconds, but cloud-based SAST tools usually take several minutes. While the scan is running in the cloud, developers might have written more code, which makes the results invalid regarding the code in developers’ IDEs. Based on the interview feedback from developers, Luo built an IDE prototype for CodeGuru Reviewer. Then, she conducted usability tests with a group of developers to test whether the IDE solution fits better into developers’ workflow in comparison to the existing web solution.

The study revealed that the IDE integration encouraged tool use, as developers scanned code three times more often compared to the web solution. They also fixed bugs more efficiently. However, some developers experienced some confusion regarding the built-in workflow of such IDE integration. Future work should study how to make such IDE integration more intuitive for users.

Mugdha Khedkar

M.Sc.
Secure Software Engineering

Seit Februar 2021 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Secure Software Engineering“ von Professor Eric Bodden. Ich bin in Indien geboren und aufgewachsen und habe die meiste Zeit meines Lebens in Mumbai verbracht, einer riesigen Stadt in Westindien.

Ich habe 2017 meinen Bachelor in Computer Engineering abgeschlossen und mich entschieden, als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IIT Bombay zu arbeiten, anstatt ein Stellenangebot von Oracle India anzunehmen. Ich glaubte wirklich, dass die Forschung meine Berufung ist und wollte daher meine Begabung und mein Interesse daran erforschen. Ich kam 2018 zum Chennai Mathematical Institute, um einen Master in Informatik zu studieren. Während meines Masterstudiums hatte ich die Möglichkeit, im Rahmen meiner Masterarbeit in der Gruppe von Eric Bodden mitzuarbeiten. Ich war 2019 für drei Monate in Paderborn und habe mich sofort gut mit den Leuten verstanden. Die Forschung, die diese Fachgruppe seit einigen Jahren durchführt, hat mich angezogen. Meinen Master habe ich 2020 abgeschlossen und bin nach kurzer Pandemie-Verzögerung im Februar 2021 endlich nach Paderborn gezogen.

Meine Forschungsinteressen umfassen eine Schnittstelle zwischen Programmiersprache und Softwaresicherheit. Derzeit basiert meine Forschung darauf, Optimierungen für statische Analysen zu finden und die Möglichkeit zu untersuchen, dass sich statische Analysen für ein bestimmtes Zielprogramm selbst optimieren.

Wenn ich nicht arbeite, verbringe ich Zeit damit, englische Gedichte zu lesen und zu schreiben. Ich habe Gedichte geschrieben, seit ich denken kann. Während ich hauptsächlich auf Englisch schreibe, habe ich gelegentlich einige Gedichte in meiner Zweitsprache Hindi geschrieben. Ich kann mich gut in Gedichten ausdrücken und bin am glücklichsten, wenn es in meinem Leben Verse gibt. Seit ich nach Paderborn gezogen bin, habe ich eine neue Liebe zum Reisen. Ich liebe meine eigene Gesellschaft und gehe oft allein auf Reisen. Ich habe vor kurzem einen Blog (mugdhak30.github.io) gestartet, um einige Erinnerungen zu teilen, die ich während meiner Reise durch Europa (und hoffentlich weitere Kontinente) mache. Ich hoffe, mehr reisen und in Poesie (oder Prosa) ausdrücken zu können, wie diese exquisiten Orte meiner Persönlichkeit eine neue Dimension und ein neues Kapitel in meinem Leben hinzugefügt haben.

Mugdha Khedkar

M.Sc.
Secure Software Engineering

Since February 2021, I have been a research assistant in the “Secure Software Engineering” workgroup headed by Professor Eric Bodden. I was born and brought up in India and I have spent most of my life in Mumbai, which is a huge city in Western India.

I completed my bachelor’s degree in Computer Engineering in 2017 and chose to join IIT Bombay as a research assistant instead of accepting a job offer from Oracle India. I really believed that research was my calling and, therefore, I wanted to explore my aptitude and interest in it. I joined Chennai Mathematical Institute in 2018 to study towards a master’s degree in Computer Science. During my master’s degree studies, I was given an opportunity to work with Eric Bodden’s workgroup as part of my master’s thesis. I visited Paderborn for three months in 2019 and instantly got on well with the people. I became attracted to the research that this workgroup has been conducting since the past few years. I obtained my master’s degree in 2020 and after a short delay due to the pandemic, I finally moved to Paderborn in February 2021.

My research interests include an intersection of programming language and software security. Currently, my research is based on finding optimisations for static analyses and exploring the possibility of static analyses optimising themselves to a given target program.

When I am not working, I spend time reading and writing English poetry. I have written poetry for as long as I can remember. While I mostly write in English, on some occasions, I have written some poems in my second language, Hindi. I can express myself well in poetry and I am the happiest when there are verses in my life. Since I moved to Paderborn, I have a newfound love of travelling. I love my own company and often go on solo trips. I have recently started a blog to share some of the memories I make while travelling across Europe (and hopefully more continents). I hope to be able to travel more and express in poetry (or prose) how these exquisite places added a new dimension to my personality and a new chapter in my life.



Magie ist ein Wunder!
Die Überraschung nach einer Wartezeit.
Wir sind alle Magier, die unser Schicksal neu schreiben.



Magic is wonder!
The surprise after a wait.
We are all magicians rewriting our fate.



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 Strategische Planung und Innovationsmanagement sowie Systems Engineering.

E-Mail: roman.dumitrescu@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 55


 www.hni.upb.de/ase

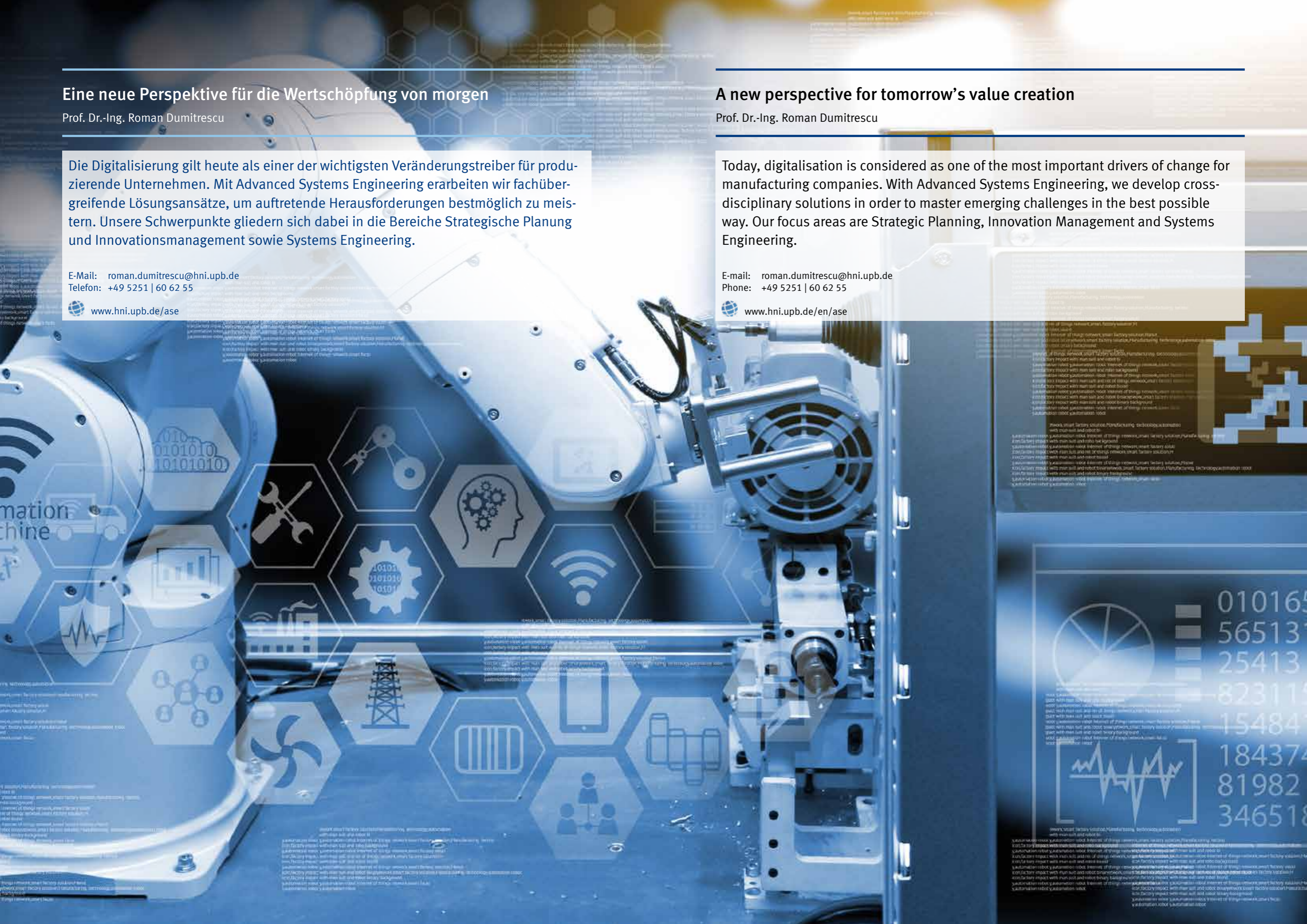
A new perspective for tomorrow's value creation

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 Strategic Planning, Innovation Management and Systems Engineering.

E-mail: roman.dumitrescu@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 55

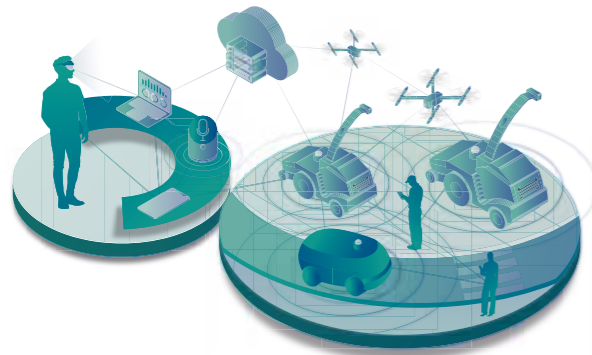
 www.hni.upb.de/en/ase



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 Strategische Planung und Innovationsmanagement sowie 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.

Strategische Planung und Innovationsmanagement

Ziel der strategischen Planung ist die vorteilhafte Positionierung des Unternehmens im Wettbewerb von morgen und der damit verbundene nachhaltige Erfolg. Dabei gilt es, die vier Betrachtungsebenen Vorausschau, Strategien, Prozesse und Systeme integrativ zu beleuchten. Im Innovationsmanagement geht es darauf aufbauend darum, von Erfolg versprechenden Ideen zu wirtschaftlich erfolgreichen Marktleistungen zu gelangen.

Systems Engineering

Systems Engineering versteht sich als durchgängiger, fachdisziplinübergreifender Ansatz zur Entwicklung dynamischer Systeme. Es stellt das multidisziplinäre System in den Mittelpunkt und umfasst die Gesamtheit aller Entwicklungsaktivitäten. Systems Engineering erhebt den Anspruch, die Akteure/Akteurinnen 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. Advanced Systems Engineering develops interdisciplinary solutions in order to master any challenges in the best possible way. Our research focus is, therefore, divided into the two areas of Strategic Planning and Systems Engineering.

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 mandatory holistic product development methodology in the age of digitalization. Our research focuses are divided into the two areas of Strategic Planning and Innovation Management as well as Systems Engineering.

Strategic planning and innovation management

The goal of strategic planning is the advantageous positioning of the company in tomorrow's competition and the associated long-term success. Here, it is important to consider the four

levels of foresight, strategies, processes and systems in an integrative manner. Building on this, innovation management is about moving from promising ideas to commercially successful market offerings.

Systems engineering

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



ASE ist die Leitvision für die erfolgreiche Gestaltung innovativer Produkte, Dienstleistungen und Produkt-Dienstleistungssysteme sowie deren Entwicklungsprozess.

ASE is the guiding vision for the successful design of innovative products, services and product-service systems as well as their development process.

Produktplanung mit Daten aus der Nutzungsphase

Datengestützte Generationen- und Retrofitplanung im Maschinen- und Anlagenbau (DizRuPt)

Cyber-physische Systeme (CPS) generieren und sammeln während ihrer Nutzung große Mengen an Daten. Diese beschreiben zum Beispiel das Nutzerverhalten oder den Zustand des Systems. Für die Hersteller der CPS stellt die Analyse dieser Daten eine neue Art der Informationsgewinnung dar. Wie dieses Potenzial in der Produktplanung ausgeschöpft werden kann, wird im Verbundprojekt DizRuPt erforscht.

Zielsetzung

Übergeordnetes Ziel des Verbundprojekts ist eine Systematik zur datengestützten Generationen- und Retrofitplanung im Maschinen- und Anlagenbau. Diese soll zum einen aufzeigen, wie Daten aus der Nutzungsphase analysiert und in der Produktplanung verwertet werden können. Zum anderen soll die Systematik auch die organisatorische Umsetzung des Vorgehens beleuchten, z. B. durch die Umgestaltung der Aufbauorganisation oder den Aufbau neuer Kompetenzen. Weiterhin soll eine Werkzeugunterstützung erarbeitet werden.

Bisherige Ergebnisse


Seit dem Start des Projekts wurden bereits zahlreiche Ergebnisse erarbeitet. Mit einer umfangreichen Literaturliteraturanalyse wurde das Forschungsfeld definiert. In einer parallel durchgeführten Interviewstudie wurden die Potenziale und Herausforderungen des Forschungsfeldes für den Maschinen- und Anlagenbau identifiziert. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten lag auf dem Vorgehen zur datengestützten Produktplanung. Hierfür wurde ein Referenzprozess entworfen, der die Planung, die Vorbereitung und die Durchführung der Datenanalyse sowie die Verwertung der Datenanalyse-Ergebnisse in der Produktplanung beschreibt. Parallel dazu wurden Methoden entwickelt, welche die Prozessschritte geeignet unterstützen. Für die organisatorische Umsetzung wurden ein Überblick über mögliche

Veränderungen der Aufbauorganisation sowie ein Rollenkonzept erarbeitet.

Die bisher erarbeiteten Artefakte wurden bereits mit den vier Pilotunternehmen des Projekts erprobt. Dabei zeigte sich, dass sie für die Unternehmen eine wertvolle Unterstützung auf dem Weg zur datengestützten Produktplanung darstellen.

Ausblick

In den verbleibenden sechs Monaten des Projekts werden die Bearbeitung der offenen Punkte sowie die weitere Anwendung und Validierung der Artefakte im Vordergrund stehen. Zur Unterstützung des Ergebnistransfers in die Industrie werden Schulungen mit interessierten Unternehmen durchgeführt. Darin erlernen die Unternehmen zum Beispiel das Vorgehen zur datengestützten Produktplanung am Beispiel ihrer eigenen Produkte. Außerdem wird eine Abschlussbroschüre verfasst, in der alle wesentlichen Ergebnisse des Verbundprojekts dargestellt und erklärt werden.

 **Maurice Meyer, M.Sc.**
E-Mail: maurice.meyer@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 27

 Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projekträger: Projekträger Karlsruhe (PTKA)

Projektpartner: TU Berlin, Fachhochschule Südwestfalen, CONTACT Software GmbH, LASCO Umformtechnik GmbH, Diebold Nixdorf Systems GmbH, Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, Westaflex

 www.dizrupt.de

Product planning with data from the use phase

Data-driven generation and retrofit planning in machinery and plant engineering (DizRuPt)

Cyber-physical systems (CPS) generate and collect large amounts of data during their utilisation. These describe, for example, user behaviour or the state of the system. For CPS providers, the analysis of these data represents a new way of obtaining information about the use phase. How this potential can be exploited in product planning is the focus of the research project DizRuPt.

Objective

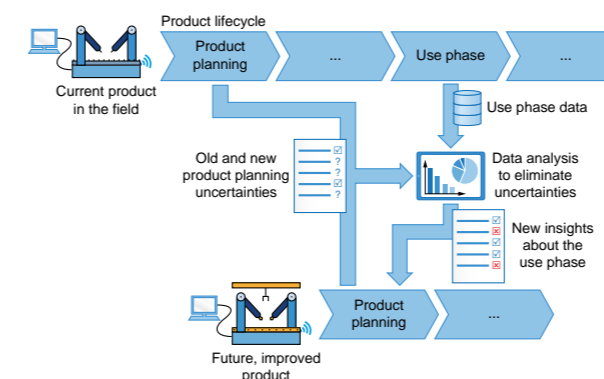
The overall objective of the research project is to develop an approach for data-driven generation and retrofit planning in mechanical and plant engineering. On the one hand, this should show how data from the use phase can be analysed and exploited in product planning. On the other hand, the approach should also look at the organisational implementation of the procedure, e.g. by redesigning the organisational structure or building up new competencies. Furthermore, a tool support is to be developed.

overview of the possible changes in the organisational structure and a role concept were developed.

The artefacts developed so far have already been applied and tested with the four pilot companies of the project. The tests have shown that they represent valuable support for the companies on their way to data-driven product planning.

Future work


In the remaining six months of the project, the focus will be on finishing the remaining tasks and on the further application and validation of the artefacts. To support the transfer of results to industry, training courses will be held with interested companies. In these, the companies will learn, for example, the procedure for data-driven product planning using their own products as examples. In addition, a brochure will be produced in which all the key results of the research project will be presented and explained.




Analyse von Daten aus der Nutzungsphase in der Produktplanung
Analysis of use phase data in product planning

Preliminary results

Since the start of the project, numerous results have already been produced. The research field was defined with an extensive literature analysis. In an interview study, the potentials and challenges that decision-makers from machinery and plant engineering associate with the research field were identified. Another focus of the work was on the procedure for data-driven product planning. For this purpose, a reference process was designed that describes the planning, preparation and execution of the data analysis as well as the exploitation of the data analysis results in product planning. In parallel, methods were developed to provide suitable support for the process steps. For the organisational implementation, an

 **Maurice Meyer, M.Sc.**
E-mail: maurice.meyer@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 27

 Supported by: Federal Ministry of Education and Research
Project management: Project Management Karlsruhe (PTKA)
Projekt partners: TU Berlin, Fachhochschule Südwestfalen, Contact Software GmbH, LASCO Umformtechnik GmbH, Diebold Nixdorf Systems GmbH, Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, Westaflex

Transformation zu einem Smart Service-Anbieter

Musterbasierte Planung hybrider Wertschöpfung und Arbeit für Smart Services in IMPRESS

Die durch intelligente, vernetzte Produkte entstehende Verfügbarkeit von Daten eröffnet neue Chancen für Dienstleistungsinnovationen. Dieser Trend führt zu einer Verlagerung der Geschäftsausrichtung von einem produzierenden zu einem dienstleistungsorientierten Unternehmen. Eine derartige Transformation stellt vor allem KMU vor große Herausforderungen. Es mangelt an handhabbaren Vorgehensweisen zur Unterstützung der Transformation.

Forschungsziel

Zur Einführung von Smart Services ist ein sozio-technischer Ansatz in den Dimensionen Mensch, Organisation, Business und Technik erforderlich. Im Projekt wird ein Instrumentarium, aus Lösungsmustern, Methoden und Werkzeugen für die unterschiedlichen Dimensionen entwickelt. Das Instrumentarium ermöglicht den Anwender*innen eine eigenständige und zielgerichtete Gestaltung der Transformation.

Vorgehensweise und bisherige Ergebnisse

Das Projekt gliedert sich in sechs Querschnittsprojekte, welche der Erarbeitung des Instrumentariums dienen. Sie befassen sich mit allen Facetten der Transformation zum Smart Service-Anbieter von der Strategie bis hin zu konkreten Prozessen und Kompetenzen. Für die Strategieentwicklung wurde ein Vorgehen entwickelt, welches es produzierenden Unternehmen ermöglicht mithilfe von Normstrategien ihr Geschäft ganzheitlich zu gestalten. Die Strategie gibt Orientierung bei der Ausgestaltung der Smart Services und ihrer Geschäftsmodelle. Hierfür werden u. a. Geschäftsmodellmuster für Smart Services sowie technische Bausteine für die Entwicklung, Erbringung und Abrechnung von Smart Services bereitgestellt. Ein Quick-Check sowie ein Vorgehen zur Auswirkungsanalyse erlaubt es, Handlungsbedarfe in den operativen Gestaltungsfeldern der Wertschöpfung und Arbeit zu ermitteln, die zur Umsetzung der Strategie und Realisierung der Marktleistung erforderlich sind. Bei der Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung und Arbeit geben Rollen und Lösungsmuster wertvolle Orientierung. Die bisher erarbeiteten Forschungsergebnisse werden durch einen Referenzprozess strukturiert; ein Musterkatalog sammelt das Lösungswissen zu Smart Services.

Anwendungen

Die Erprobung des Instrumentariums erfolgt anhand von drei Pilotanwendungen. ISTOS befasst sich mit dem Smart Service „Connected Manufacturing“. Bei FREUND wird ein Smart Service für die Schlacht- und Zerlegetechnik entwickelt. MSF Vathauer betrachtet Smart Services für die Antriebstechnik. Ein technischer Demonstrator wird in Zusammenarbeit mit den

Befähigerunternehmen Weidmüller, FIWARE und Diebold Nixdorf erarbeitet.

Förderung

Das Vorhaben IMPRESS wird im Rahmen des Programms Zukunft der Arbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert. Das Projekt wurde um ein halbes Jahr verlängert (01/2019 – 07/2022).

Aktuelles

Im März 2022 veranstaltet das Projekt einen digitalen Begleitkreis mit Themenschwerpunkt „Gestaltung der Wertschöpfung und Arbeit“. Hierzu laden wir alle Interessierten aus Unternehmen und wissenschaftlichen Instituten ein, um über unsere Zwischenergebnisse zu diskutieren. Bei Interesse melden Sie sich gerne bei uns.



Anja Rasor, M.Sc.
E-Mail: anja.rasor@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 36



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Europäischer Sozialfonds (ESF)
Projektträger: PTKA Karlsruhe
Projektpartner: Fraunhofer IEM; TU Chemnitz; FIWARE; Weidmüller; Diebold Nixdorf; FREUND; MSF Vathauer; ISTOS



www.impress-project.com

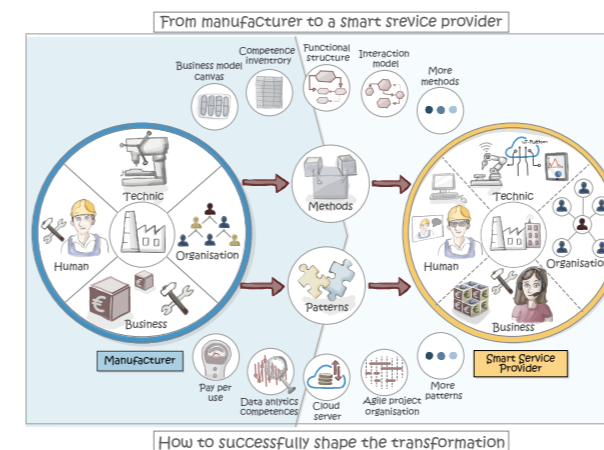
Transformation to a smart service provider

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

Due to intelligent, networked products, the availability of data offers new opportunities for service innovations. This trend is leading to a change in business orientation from a manufacturing to a service-oriented organisation. Especially for SMEs, such a transformation poses major challenges. There is a lack of manageable procedures to support the transformation.

Objective

The introduction of smart services requires a socio-technical approach in the dimensions of people, organisation, business and technology. In the project, a framework of instruments consisting of solution patterns, methods and tools for the different dimensions will be developed. The instruments enable the users to shape the transformation independently and in a structured way.



Big Picture des Forschungsprojekts IMPRESS

Big picture of the IMPRESS research project

Approach and results

The research project is divided into six cross-sectional projects, which serve to develop the framework of instruments. All facets of the transformation to a smart service provider are addressed, from strategy to concrete processes and competences. For strategy development, a procedure was developed that enables manufacturing companies to holistically design their business with the help of standard strategies. The strategy provides orientation for the design of smart services and their business models. For this purpose, among other things, business model patterns for smart services as well as technical building blocks for the design, provision and billing of smart services are provided. A quick check and a procedure for impact analysis allows the identification of needs for action in the fields of operatio-

nal design of value creation and work, which are necessary for the implementation of the strategy and realisation of the market service. Roles and solution patterns provide valuable orientation in the design of future value creation and work. The research results developed, they were structured structured by a reference process and a pattern catalogue collects the knowledge base on Smart Services.

Applications

The framework of instruments is being evaluated on three pilot applications. ISTOS is working on the smart service “Connected Manufacturing”. FREUND is developing a smart service for slaughter and meat cutting technology. MSF Vathauer is looking at Smart Services for drive systems. A technical demonstrator is being developed in cooperation with the enablers Weidmüller, FIWARE and Diebold Nixdorf.

Funding

The IMPRESS project is funded by the Federal Ministry of Education and Research and the European Social Fund as part of the Future of Work programme. The project has been extended by six months (01/2019 – 07/2022).

News

In March 2022, the project will organise a digital accompanying group with the focus on “Designing value creation and work”. We invite all interested parties from companies and scientific institutes to discuss our interim results. If you are interested, please contact us.



Anja Rasor, M.Sc.
E-mail: anja.rasor@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 36



Supported by: Federal Ministry of Education and Research, The European Social Fund (ESF)
Project management: PTKA Karlsruhe
Project partners: Fraunhofer IEM; TU Chemnitz; FIWARE; Weidmüller; Diebold Nixdorf; FREUND; MSF Vathauer; ISTOS

Szenarien für die Antriebstechnik für das Jahr 2040

Szenarien als Instrument zur rationellen Erstellung von Zukunftsszenarien für die FVA

Die Antriebstechnik befindet sich derzeit in einem tiefgreifenden Wandel, geprägt durch Megatrends wie Digitalisierung, Individualisierung, und Nachhaltigkeit. Immer strengere politische Vorgaben zu CO2 Emissionen, aber auch Strukturbrüche, wie z. B. die Coronapandemie, etc. führen zu einem immer dynamischeren und unsicheren Umfeld. Es bedarf einer systematischen Betrachtung von alternativen Zukunftsentwürfen für die Antriebstechnik.

Problematik

Unternehmen der Antriebstechnik sehen sich einem Umfeld von steigender Dynamik und Unsicherheit und damit einer steigenden Komplexität bezüglich der Markt- und Technologieentwicklungen ausgesetzt. Wesentliche Treiber dafür sind die Megatrends Digitalisierung, Individualisierung, Bevölkerungswachstum und Nachhaltigkeit, aber auch striktere politische Vorgaben. Darüber hinaus revolutionieren neue digitale Technologien, wie z. B. KI-Anwendungen, die Prozesse der Wertschöpfung und ermöglichen neue Marktleistungen. Gleichzeitig steigt durch die Digitalisierung aber auch die Geschwindigkeit und die Anzahl an zu berücksichtigenden Informationen für strategische Entscheidungen. Strukturbrüche erhöhen die Unsicherheit zusätzlich.

Um in diesem Spannungsfeld langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen sich Unternehmen systematisch mit alternativen Zukunftsentwürfen für die Antriebstechnik von morgen auseinandersetzen. Die Szenario-Technik ist dafür das geeignete Werkzeug. Sie zieht eine größere Anzahl von Einflussfaktoren auf das Geschäft von morgen, ihre Beziehungen untereinander sowie je Einflussfaktor mehrere denkbare Entwicklungen, sogenannte Zukunftsprojektionen, ins Kalkül.

Zielsetzung

Übergeordnete Ziele des Projekts sind: 1) ein gemeinsames, globales Zukunftsbild für die FVA für das Jahr 2040; 2) die FVA und beteiligte Mitgliedsunternehmen in die Lage zu versetzen, effizient eigenständig Szenarien zu erstellen. Dafür werden einerseits gemeinsam Zukunftsszenarien für die Antriebstechnik für das Jahr 2040 erarbeitet. Andererseits werden Hilfsmittel erarbeitet, die den methodischen Transfer und die Arbeit mit Szenarien unterstützen, z. B. für die Nutzung in der Strategiearbeit.

Vorgehensweise

Das Vorgehen zur Erreichung der Forschungsziele gliedert sich in drei Arbeitspakete (WP 1-3). Zunächst wird eine Anforderungsanalyse durchgeführt (AP 1), um Anforderungen für die



Patrick Ködding, M.Sc.
E-Mail: patrick.koedding@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 53



Gefördert durch: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, FVA, Voith, ZF Friedrichshafen, ZF Wind Power Antwerpen, Schaeffler, Bosch Rexroth, Fuchs Schmierstoffe, Eickhoff, KSB, Flender

Vorausschau (WP 2) und die Befähigung (WP 3) zu ermitteln. Darauf aufbauend werden im Rahmen der Szenario-Vorbereitung (WP 2.1) die Szenario- und Gestaltungsfelder festgelegt. Diese werden zu Beginn der Szenario-Erstellung (WP 2.2) in Einflussbereiche strukturiert und es werden Einflussfaktoren ermittelt, aus denen die Schlüsselfaktoren identifiziert werden. Hierfür werden jeweils alternative Zukunftsprojektionen erarbeitet, für die anschließend eine paarweise Konsistenzbewertung durchgeführt wird. Schließlich werden mittels Clusteranalyse Szenarien für die Antriebstechnik gebildet. Abschließend erfolgt der Szenario-Transfer (WP 2.3). Zusätzlich werden Hilfsmittel für die Verstetigung der Methodik innerhalb der Forschungsvereinigung Antriebstechnik (FVA) erarbeitet (WP 3) und von den beteiligten Industrieunternehmen erprobt. Neben einer Toolbox für die Szenario-Technik (WP 3.1), bestehend aus klassischen, interaktiven und datengetriebenen Ansätzen, wird ein Foresight Fitness Check für Unternehmen bereitgestellt (WP 3.2). Überdies wird ein Leitfaden für die Arbeit mit bestehenden Szenarien zur Ableitung von Erkenntnissen konzipiert (WP 3.3).

Förderung

Das Projekt startete am 1. September 2021 und läuft 18 Monate. Das Vorhaben „Szenarien für die Antriebstechnik“ wird durch Eigenmittel der FVA finanziert. Das Fördervolumen beträgt rund 150.000 Euro.

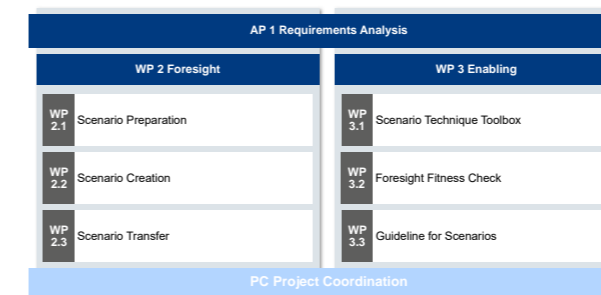
Scenarios for drive technology for the year 2040

Scenarios as an instrument for the rational creation of future scenarios for the FVA

Drive technology is currently undergoing profound change, characterised by megatrends such as digitalisation, individualisation and sustainability. Increasingly strict political requirements on CO2 emissions, but also structural breaks, such as the COVID-19 pandemic, etc. lead to an increasingly dynamic and uncertain environment. Therefore, a systematic development analysis of alternative future scenarios for drive technology is required.

Problem

Companies in the drive technology industry are facing an environment of increasing dynamism and uncertainty and thus growing complexity regarding market and technology developments. The key drivers for this are megatrends such as digitalisation, individualisation, population growth and sustainability; but also, stricter political requirements. Furthermore, new digital technologies, such as AI applications, are revolutionising value creation processes and enabling new market offerings. At the same time, however, digitalisation is also increasing the speed and the amount of information to be considered for strategic decisions. Structural breaks also increase the uncertainty.



Arbeitsprogramm des Projekts
Work programme of the project

To remain competitive in the long term in this area of tension, companies in the drive technology industry must systematically deal with alternative future designs for the drive technology of tomorrow. The scenario technique is the appropriate tool for this. It considers many influence factors on the business of tomorrow, their interrelationships, and several conceivable developments for each factor, known as future projections.

Objective

The overarching goals of the project are: 1) a common, global picture of the future for the FVA for the year 2040; 2) to enable the FVA and its member companies to efficiently create scenarios. For this purpose, on the one hand, future scenarios for

drive technology for the year 2040 will be jointly developed. On the other hand, tools will be developed to support the methodical transfer and the work with scenarios.

Approach

The procedure for achieving the research objectives is divided into three work packages (WP 1-3). First, a requirements analysis is conducted (WP 1) to identify requirements for foresight (WP 2) and enabling (WP 3). Based on this, the scenario and design fields are defined during scenario preparation (WP 2.1). They are structured into areas of influence at the beginning of scenario creation (WP 2.2). After that, influence and key influence factors are identified. For each key influence factor, the development of alternative future projections follows for which a pairwise consistency evaluation is subsequently performed. Afterwards, cluster analysis is used to create scenarios for drive technology. Finally, the scenario transfer is carried out (WP 2.3). Moreover, tools for the continuous application of the scenario technique will be developed (WP 3) and tested by FVA companies. In addition to a toolbox for the scenario technique (WP 3.1), a foresight fitness check for companies will be provided (WP 3.2). Furthermore, a guide for working with existing scenarios and the derivation of insights and recommendations for action will be designed (WP 3.3).

Funding

The project started on September 1, 2021 and will run for 18 months. The project has been funded with 150,000 euros from the FVA.



Patrick Ködding, M.Sc.
E-mail: patrick.koedding@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 53



Supported by: Research Association for Drive Technology (FVA)
Project partners: Fraunhofer IEM, FVA, Voith, ZF Friedrichshafen, ZF Wind Power Antwerpen, Schaeffler, Bosch Rexroth, Fuchs Schmierstoffe, Eickhoff, KSB, Flender



Jan-Philipp Hemkentokrax

M.Sc.
Advanced Systems Engineering

Seit März 2021 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Advanced Systems Engineering“ von Professor Roman Dumitrescu und werde darüber hinaus von Professor René Fahr, Leiter der Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering and Responsible Management“, im Rahmen meiner Promotion betreut. Aufgewachsen bin ich in der schönen Emsstadt Rietberg. Nach dem Abitur 2013 habe ich mich dazu entschlossen, Ostwestfalen vorerst zu verlassen, um mich im Rheinland neuen Herausforderungen zu stellen. Ich habe mich früh dazu entschieden, an der Deutschen Sporthochschule in Köln mit dem Schwerpunkt Betriebswirtschaftslehre und Sportmanagement zu studieren. Der Sport ist schon immer meine große Leidenschaft und begleitet mich, seit ich denken kann. Die Kombination aus Leidenschaft für den Sport und mein Interesse für wirtschaftliche Themen, war für mich besonders spannend und reizvoll. Während des Studiums hatte ich die Möglichkeit, in vielen Unternehmen im und abseits des Sports wertvolle Erfahrungen zu sammeln. Neben den Facetten des Profifußballgeschäfts, die ich bei Arminia Bielefeld kennenlernen durfte, hat die Arbeit im (Sport-) Marketing von BMW an der Schnittstelle von Wirtschaft und Sport mein Interesse für betriebswirtschaftliche Zusammenhänge geschärft.

Im Rahmen des Masterstudiums an der Universität Bayreuth und der Kelley School of Business in Bloomington, Indiana, habe ich mich daher dazu entschlossen, meinen betriebswirtschaftlichen Schwerpunkt zu vertiefen. Während dieser Zeit entwickelte sich auch mein Interesse für die Forschungsarbeit, sodass ich mich am Ende des Studiums für eine Promotion entschied. Ich sehe die Promotion einerseits als Herausforderung, andererseits wünsche ich mir, später zufrieden und positiv auf diese Zeit zurückblicken zu können. Mein Team leistet hierzu bereits seit dem ersten Tag einen erheblichen Beitrag. Trotz der schwierigen Umstände in der Coronapandemie, halten alle fest zusammen und ziehen an einem Strang.

Abseits von Uni und Arbeit liebe ich neue Herausforderungen – vor allem im Sport. Ich nehme gerne an Wettkämpfen teil und probiere mich in neuen Trends. Meine größte Leidenschaft ist dabei der Fußball. Gemeinsam im Team für den Erfolg zu arbeiten und diesen dann gemeinsam zu feiern, ist für mich das Größte. Darüber hinaus liegt mir das Ehrenamt sehr am Herzen. Daher engagiere ich mich als DLRG-Rettungskraft und als Betreuer in einer Pflegeeinrichtung für Menschen mit Demenz.

Jan-Philipp Hemkentokrax

M.Sc.
Advanced Systems Engineering

Since March 2021, I have been a research assistant in the “Advanced Systems Engineering” workgroup of Professor Roman Dumitrescu. In addition, as part of my PhD programme I am supervised by Professor René Fahr, head of the “Behavioral Economic Engineering and Responsible Management” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute. I grew up in Rietberg right next to the Ems River. After graduating from high school in 2013, I decided to leave my hometown to face new challenges in the Rhineland. I studied business administration and sports management at the German Sport University in Cologne. Sport has always been my great passion and has accompanied me ever since I can remember. The combination of my passion for sports and my interest in business topics was particularly exciting and appealing to me. During my studies, I had the opportunity to gain valuable experience in many companies in and outside of sports. In addition to the various facets of the professional soccer business, which I was able to get to know during my internship at Arminia Bielefeld, working in the BMW (sports) marketing department at the interface of business and sports sharpened my interest in business contexts.

For my master studies at the University of Bayreuth and the Kelley School of Business in Bloomington, Indiana, I deepened my focus on business administration. During this time, I developed an interest in research and decided to pursue a doctoral degree. On the one hand, I see my doctorate as a challenge. On the other hand, I wish to look back on this time with great satisfaction. My team has already been making a significant contribution since day one. Despite the difficult circumstances during the pandemic, everyone is sticking together and pulling in the same direction.

Apart from university and work, I truly enjoy new challenges - especially in sports. I like to compete in various competitions and try all sorts of new trends. My greatest passion, however, is soccer. Working together as a team to achieve success is the greatest thing for me. Personally, Volunteer work is also very important to me. That’s why I am involved as a DLRG lifeguard in my community. Furthermore, I serve as a caregiver in our local nursing home for people with dementia.

»» Das Gute, welches du anderen tust, tust du immer auch dir selbst. ««

»» The good you do to others, you always do to yourself. ««

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
Telefon: +49 5251 | 60 20 90


 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
Phone: +49 5251 | 60 20 90

 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/inn/en 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.

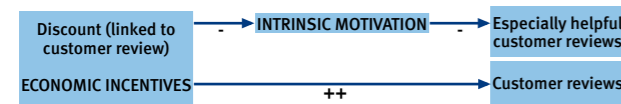
Motive zum Verfassen von Kundenbewertungen

In welcher Form Geld die Freude am Bewerten verdrängt.

Bewertungen von intrinsisch motivierten Kund*innen werden hilfreicher wahrgenommen als solche, die aufgrund anderer Motive geschrieben werden. Unsere Untersuchung zeigt, dass die Gestaltung zusätzlicher Anreizmechanismen einen entscheidenden Einfluss auf die Abgabe intrinsisch motivierter Bewertungen hat. Wenn ein Rabatt an eine Bewertung gekoppelt wird, sinkt deren Anteil, wohingegen bei unbedingten Rabatten der Anteil konstant bleibt.

Intrinsische Motivation – der Spaß am Helfen durch Bewertungen

Intrinsische Motivation spielt eine große Rolle beim Verfassen von Kundenbewertungen. Die Hilfestellung für zukünftige Käufer*innen ist dabei das zentrale Motiv der Bewertenden. Untersuchungen zeigen, dass die Kundenbewertungen von intrinsisch motivierten Verfasser*innen hilfreicher wahrgenommen werden als solche, die z. B. aus Gründen der Profilierung, der Gruppenzugehörigkeit oder der ökonomischen Vorteilnahme geschrieben werden. Intrinsisch motivierte Kundenbewertungen finden wir auch in unserer Untersuchung, wobei insbesondere altruistische Probanden mehr Kundenbewertungen veröffentlichen.



Ökonomische Anreize steigern die Anzahl der Kundenbewertungen am stärksten, gehen allerdings einher mit der Verdrängung intrinsischer Motivation und infolgedessen einem kleineren Anteil besonders hilfreicher Kundenbewertungen.

Economic incentives increase the number of customer reviews the most, but are accompanied by the crowding out of intrinsic motivation and consequently a smaller proportion of especially helpful customer reviews.

Ökonomische Anreize – Kompensation für die rationalen Kund*innen

Das Schreiben einer Kundenbewertung ist mit „Kosten“ (z. B. durch die aufgewendete Zeit) verbunden. Durch ökonomische Anreize, z. B. in Form eines Rabatts für das Schreiben einer Kundenbewertung, können die entstandenen Kosten jedoch kompensiert werden. Es zeigt sich in unserer Untersuchung, dass die Zahl der Kundenbewertungen bei dieser Maßnahme in die Höhe schnellte. Allerdings sinkt dabei der Anteil an Kundenbewertungen von intrinsisch motivierten Kund*innen. Die hilfreichen Kundenbewertungen werden also in Relation betrachtet weniger.


Reziprozität – eine Hand wäscht die andere


Anstelle eines Rabatts als direkte Gegenleistung für eine Bewertung kann der finanzielle Anreiz auch in indirekter Form

implementiert werden. Hierbei erhalten Kund*innen nach dem Kauf eines Produkts beispielsweise eine Nachricht von der Verkaufsplattform, in der sie um eine Bewertung gebeten werden und die als vorweggenommenes Dankeschön einen Rabattgutschein enthält. Der Rabattgutschein kann dabei als nette Geste verstanden werden und dazu führen, dass Kund*innen dieser Bitte eher nachkommen. Es zeigt sich in unserer Untersuchung, dass die absolute Anzahl an Bewertungen zwar in geringerem Maße steigt als bei den direkten ökonomischen Anreizen, der Anteil von intrinsisch motivierten Kundenbewertungen sich jedoch nicht verändert. Die hilfreichen, intrinsisch motivierten Bewertungen werden also durch unbedingte Rabatte nicht verdrängt.

Design von Kundenbewertungssystemen

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

 **Dr. Dirk van Straaten**
E-Mail: dirk.van.straaten@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 20 91

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

Motives for writing customer reviews

The kind of incentive determines whether the pleasure of rating is crowded out.

Reviews written by intrinsically motivated customers are perceived as more helpful than those written on the basis of other motives. Our research shows that the design of additional incentive mechanisms has a decisive effect on the delivery of intrinsically motivated reviews. Their share decreases when a discount is linked to a review, whereas the share remains constant with unconditional discounts.

Intrinsic motivation – enjoyment of helping with ratings

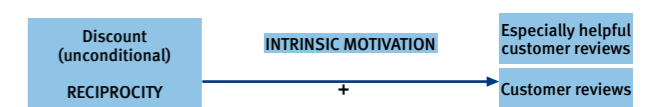
Intrinsic motivation plays a big role in writing customer reviews. Helping future buyers is a central motive of the reviewers. Studies show that customer reviews written by intrinsically motivated authors are perceived as more helpful than those written for reasons such as building up a reputation, group affiliation or economic advantage. Identifying intrinsically motivated customer reviews also in our study, we observe in particular altruistic subjects to publish more customer reviews.

Economic incentives – compensation for rational customers

Writing a customer review comes at a “cost” (e.g. time spent). Economic incentives, e.g. in the form of a discount for writing a customer review, can compensate for the costs incurred. Our study shows that the number of customer reviews increases strongly with this measure. However, the share of customer reviews from intrinsically motivated customers decreases. In other words, the number of helpful customer reviews decreases in relative terms.

Reciprocity – one hand washes the other


Instead of a direct discount in return for a rating, the financial incentive can also be implemented indirectly. For example, after purchasing a product, the customer can receive a message from the market platform asking for a rating and containing a discount voucher as an anticipated thank you. The discount voucher can be understood as a nice gesture and lead to customers being more likely to comply with this request. Our study shows that although the absolute number of reviews increases to a lesser extent than with direct economic incentives, the proportion of intrinsically motivated customer reviews does not change. Thus, intrinsically motivated (i.e. more helpful) reviews are not crowded out by unconditional rebates.




Reziprozität steigert die Anzahl von Kundenbewertungen und hat dabei keinen Verdrängungseffekt auf die intrinsische Motivation. Reciprocity increases the number of customer reviews while having no crowding-out effect on intrinsic motivation.

Design of customer rating systems

Within the CRC subproject “Empirical Analyses in Markets for OTF Services” we conduct research on the design of online rating systems. In addition to the incentivisation of customer ratings, we also investigate their metrics as well as the effect of social proximity on customer ratings. We also investigate the extent to which co-production acts as a driver of customer reviews by providing its own sensitive data.

 **Dr. Dirk van Straaten**
E-mail: dirk.van.straaten@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 20 91

 Supported by: DFG Collaborative Research Center 901 “On-the-Fly Computing”, Subproject A4

I Don't Want to Be Disliked

Eine Studie darüber, wie die Gefahr sozialer Ausgrenzung die Wirksamkeit von Whistleblowing-Richtlinien verringert

Unternehmensskandale haben immer wieder die enormen finanziellen und rufschädigenden Konsequenzen aufgezeigt, wenn aufgedeckt wurde, dass Mitarbeiter*innen Betrug begangen oder gegen ethische Normen und Richtlinien verstoßen haben. Eine Möglichkeit, solches Fehlverhalten zu reduzieren, besteht darin, Mitarbeiter*innen zu ermutigen, Fehlverhalten ihrer Kolleg*innen zu melden, wenn sie es beobachten.

Whistleblowing-Richtlinien

In den letzten Jahren haben Organisationen zunehmend formale Whistleblowing-Richtlinien als Teil ihrer Compliance-Systeme eingeführt, um ihre Haltung gegenüber Whistleblowing zu verdeutlichen und ihre Unterstützung für potenzielle Whistleblower zu signalisieren. Die Unterstützung für Whistleblowing kann jedoch nicht nur anhand der formalen organisatorischen Maßnahmen beurteilt werden. Vielmehr sollte die Frage berücksichtigt werden, ob auch die Mitarbeiter*innen die positive Haltung einer Organisation teilen, zumal die Forschung zu sozialen Einflussfaktoren gezeigt hat, dass Individuen stark von den Entscheidungen, Überzeugungen und Einstellungen der Gruppe beeinflusst werden.



Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)


Soziale Ausgrenzung


Trotz der Whistleblowing-Richtlinien können Organisationen nie sicher sein, dass alle Mitarbeiter*innen die Ansichten der Organisation über Whistleblowing teilen. Einige Mitarbeiter*innen könnten die Meldung immer noch als Verrat und feindseliges Vorgehen gegen Arbeitskolleg*innen empfinden, was gegen Gruppennormen verstößt. Dementsprechend haben einige Studien gezeigt, dass Whistleblower*innen im Anschluss an ihre Meldung häufig zur Zielscheibe von sozialer Ausgrenzung werden. Unter sozialer Ausgrenzung wird die Zurückweisung durch andere Gruppenmitglieder verstanden.


Diese kann das Wohlbefinden und die arbeitsbezogene Einstellung von Mitarbeiter*innen noch stärker beeinträchtigen als beispielsweise offene Belästigung. Betroffene nehmen sie als erhebliche Bedrohung der Zugehörigkeit wahr und versuchen, sie um jeden Preis zu vermeiden. Die Vermeidung potenzieller Ausgrenzung kann daher ein Motiv für das Verschweigen von beobachtetem Fehlverhalten sein und eine Erforschung im Zusammenhang mit Whistleblowing ist vielversprechend.


Verhaltensexperiment und Ergebnisse

Wir untersuchen die Frage, ob und inwieweit die Gefahr sozialer Ausgrenzung Mitarbeiter*innen davon abhält, Fehlverhalten ihrer Kolleg*innen zu melden, und somit die (potenziell) positive Wirkung von Whistleblowing-Richtlinien verringert. Wir untersuchen diese Frage anhand eines kontrollierten Online-Verhaltensexperimentes, das organisatorisches Verhalten simuliert und uns erlaubt, tatsächliches Fehlverhalten und Whistleblowing-Verhalten unter monetären Anreizbedingungen zu beobachten. Wir stellen fest, dass unterstützende Maßnahmen zwar per se das Whistleblowing-Verhalten erhöhen, ihre Wirksamkeit jedoch durch die Gefahr der Ausgrenzung von Whistleblower*innen durch ihre Kolleg*innen aufgehoben wird. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass Unternehmen zusätzlich zu den formalen Maßnahmen auch das Problem des sozialen Images von Hinweisgeber*innen angemessen angehen müssen.

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

 **Sabrina Plaß, M.Sc.**
E-Mail: sabrina.plass@upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 39 45

 **Sabrina Schäfers, M.Sc.**
E-Mail: sabrina.schaefer@upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 20 93

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

I don't want to be disliked

A study on how the potential of being ostracised reduces the effectiveness of whistle-blowing policies

Corporate scandals have repeatedly shown tremendous financial and reputational damage by revealing that employees have committed fraud or broken ethical standards and guidelines. One way of mitigating such misconduct is to encourage employees to "blow the whistle" if they observe their colleagues' misconduct.

Whistle-blowing policies

In recent years, organisations have increasingly adopted and established formal whistle-blowing policies as part of their compliance systems to clarify their stance towards whistle-blowing and signal their support for potential whistle-blowers. However, the support for whistle-blowing cannot only be judged by looking at the formal organisational measures put in place. Rather, the question of whether co-workers equally share an organisation's positive stance should be considered, especially as social influence research has demonstrated that individuals are strongly influenced by the decisions, beliefs and attitudes of the group.



Business and Economic Research Laboratory (BaER-Lab)


Ostracism


In fact, despite such whistle-blowing policies, organisations can never be certain that all employees share the organisation's view on whistle-blowing. Some staff may still perceive it as snitching and a hostile action against a work colleague. Hence, it might violate group norms, e.g. that employees stick together and do not betray each other. Accordingly, few existing studies have shown that whistle-blowers commonly become a target of ostracism in the aftermath of their reporting. Ostracism is referred to as the social exclusion by other group members and may affect an employee's well-being and work-related attitudes even


more adversely than overt harassment. The affected persons perceive it as a significant threat to belonging and try to avoid it at all costs. Hence, avoiding potential ostracism might be a motive to remain silent and is, therefore, promising to investigate in the context of whistle-blowing.

Behavioural experiment and results

Therefore, we examine the question of whether and to what extent the concern about being potentially ostracised will deter an employee from reporting the misconduct of their peers and thus reduce the (potential) positive effect of whistle-blowing policies. We investigate this question by a controlled behavioural online experiment, which simulates organisational behaviour and allows us to observe actual wrongdoing and whistle-blowing behaviour under monetary incentive conditions. We find that although supportive policies per se increase whistle-blowing behaviour, their effectiveness is offset by the potential of whistleblowers being ostracised by their colleagues. Our findings indicate that, in addition to policies, organisations need to adequately address the problem of the social image surrounding whistle-blowers.

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

 **Sabrina Plaß, M.Sc.**
E-mail: sabrina.plass@upb.de
Phone: +49 5251 | 60 39 45

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

 Supported by: German Research Foundation (DFG)

Ökonomische Präferenzen und Umweltperformanz

Eine Untersuchung zur Heterogenität in ökonomischen Präferenzen und ökologischer Nachhaltigkeit

Vor dem Hintergrund der Fragestellungen, warum manche Länder Umweltverschmutzung erfolgreicher bekämpfen, Ressourcen effizienter nutzen und ihre Natur effektiver schützen als andere Nationen, sind zahlreiche Erklärungsmuster erwachsen. Einen bisher kaum empirisch untersuchten Ansatz stellen fundamentale ökonomische Präferenzen dar.

Nachhaltiges Verhalten, intertemporale Entscheidungen und Risiko

Ökologisch nachhaltige Entscheidungen lassen sich durch ein Spannungsfeld zwischen kurzfristigen und langfristigen Interessen beschreiben. Ferner sind umweltdegradierende Verhaltensweisen mit Risiken verbunden, die durch hohe Komplexität, großes Katastrophenpotenzial und ungewisse bzw. kontroverse Abschätzungssicherheit charakterisiert sind. Entsprechend naheliegend ist es, dass eine enge Verknüpfung zwischen der Bereitschaft zu nachhaltigerem Verhalten und der Art und Weise besteht, wie Entscheidungen unter Ausbalancieren gegenwärtiger und künftiger Interessen sowie Risiko getroffen werden. Eine zunehmende empirische Evidenz stellt Zeit- und Risikopräferenzen bereits als wesentliche Prädiktoren diverser ökonomischer und sozialer Ergebnisse heraus – doch ist ihr Zusammenhang mit ökologischen Fußabdrücken weder auf individueller noch auf regionaler oder nationaler Ebene eingehend ergründet.



Verteilung Zeitpräferenzen auf Länderebene
Distribution of time preferences across countries

Datengrundlage

Zur Erfassung von Zeit- und Risikopräferenzen wird der Global Preferences Survey Datensatz¹ verwendet, der auf der Befragung von rund 80.000 Personen in 76 repräsentativen Länderstichproben basiert. Die Messgrößen für die Präferenzen wurden zuvor in Laborexperimenten umfassend validiert. Die ökologische Nachhaltigkeit der Länder wird durch den zweijährlich veröffentlichten Environmental Performance Index² abgebildet.



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

Dieser ist als Index konzipiert, der sich aus unterschiedlich gewichteten Indikatoren aus den Bereichen Umweltgesundheit, Luft- und Wasserqualität, Biodiversität und nachhaltiger Energie zusammensetzt.

Zentrale Ergebnisse

Die Datenanalyse zeigt, dass ein beachtenswerter Zusammenhang zwischen Umweltleistung und national aggregierten Präferenzen besteht. Zukunftsorientiertere Länder zeichnen sich u. a. durch eine geringere Luftverschmutzung sowie eine effizientere Energie- und Ressourcennutzung aus. Zudem lässt sich mit zunehmender Risikoaversion eine höhere ökologische Nachhaltigkeit assoziieren. Auch unter Berücksichtigung möglicher konfundierender Variablen, so beispielsweise die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes, der Bildungsstand, das Regierungssystem oder die Qualität der Institutionen, stellt sich der Zusammenhang als robust heraus. Die empirischen Resultate zeichnen sich ebenfalls auf subnationaler Ebene ab. Ökonomische Präferenzen scheinen damit nicht nur von Relevanz für die Betrachtung individuellen Entscheidungsverhaltens, sondern können vielmehr noch ein Verständnis für dessen Auswirkungen auf Makroebene schaffen.

¹ Global Preference Survey: <https://www.briq-institute.org/global-preferences/home>
Falk, A., Becker, A., Dohmen, T. J., Huffman, D., & Sunde, U. (2016). The preference survey module: A validated instrument for measuring risk, time, and social preferences. IZA Discussion Paper No. 9674, forthcoming in Management Science.

Economic preferences and environmental performance

A study on heterogeneity in economic preferences and environmental sustainability

In the light of large differences in levels of environmental performance among countries, many explanations have emerged on the question as to why some countries are more successful in pollution abatement, more efficient in resource use and more effective in habitat protection than others have been. Theoretical considerations point to a nexus between environmental performance and economic preferences, yet their role is empirically underexplored.

Ecological behaviour, intertemporal decision-making and risk

Pro-environmental choices are typically characterised by a temporal conflict between short-term and long-term interests. Behavioural patterns that exploit and degrade the environment are associated with risk, which is linked to high complexity, potentially catastrophic impacts as well as unknown or at least vague and controversial probabilities. From these inherent characteristics, it seems natural that sustainable behavioural choices are determined by the way current and future interests are balanced and decisions are made under risk. Even though growing empirical evidence indicates that time and risk preferences are fundamental predictors of various economic and social outcomes, their relation to metrics of environmental performance at the individual-, regional- and country-level remains underexplored.



Verteilung Risikopräferenzen auf Länderebene
Distribution of risk preferences across countries

Data

Data for the analysis is taken from the Global Preference Survey, a recently constructed global dataset on economic preferences from representative population samples in 76 countries. To ensure the comparability of preference measures across countries, the survey items underwent an extensive ex ante experimental validation and selection procedure. For the assessment of each country's environmental sustainability it is drawn on the Environmental Performance Index, which is

published biannually. The composite index comprises a number of differently weighted indicators and covers facets such as environmental health, air and water quality, biodiversity and sustainable energy.

Main results

Differences in nationally aggregated time and risk preferences are found to be systematically related to national differences in environmental performance. More patient countries are equipped with a better infrastructure to protect human health, mitigate pollution and use resources more efficiently. Likewise, more risk averse nations exhibit a substantial higher environmental performance. The relationship is shown to be robust across a range of empirical specifications, which incorporate controls for many of the deep determinants previously identified in the empirical literature, such as a country's economic development, educational attainment, regime type or institutional quality. Results from subnational analyses mirror those established in the country-level analysis. Economic preferences thus seem to be critical not only for exploring pro-environmental choices at the individual level, but also for understanding their effects at a broader macro level.



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

² Environmental Performance Index: <https://epi.yale.edu/>
Emerson, J., Hsu, A., Levy, M., de Sherbinin, A., Mara, V., Esty, D., & Jaiteh, M. (2012). 2012 Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy.



»» I'm the normal one. ««
Jürgen Klopp

Marius Protte

M.Sc.
Behavioral Economic Engineering and
Responsible Management

Herzlich willkommen in diesem kleinen Text über ... mich. Ich bin in Paderborn geboren und aufgewachsen, ansonsten aber eigentlich ganz nett. Genauer gesagt in der (sehr) katholischen Gemeinde Mastbruch. Es gab früher mal (exakt) ein Ortsschild, das wurde aber geklaut.

Nach dem Abitur und etwas allgemeiner Ratlosigkeit, habe ich mich 2013 für ein Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Uni Paderborn entschieden. Hat gepasst – Glück gehabt. Nach sechs Jahren als studentisches Mitglied der Fachgruppe „Behavioral Economic Engineering & Responsible Management“, konnte ich ebenda 2020 meine Promotion im Bereich Verhaltensökonomie starten. Dabei geht es darum, menschliches Verhalten in wirtschaftlichen Entscheidungen zu beobachten, idealerweise zu verstehen und, wenn's richtig gut läuft, zu verbessern.

Ansonsten bin ich derjenige, von dem Geschäftsführer*innen mittelständischer Unternehmen gerne sprechen, wenn sie nachdrücklich auf ihre Offenheit gegenüber Bewerber*innen mit „kreativen“ Lebensläufen verweisen. Also nicht derjenige mit der entsprechenden Vita. Der andere, der mit dem 0815-Lebenslauf, auf den ein solcher Aufruf implizit Bezug nimmt. Kein Auslandsaufenthalt in Schulzeit oder Studium, kein freiwilliges Jahr, keine Selbstfindung in Australien, kein Start-up an die Wand gefahren. Nicht aus Ablehnung gegenüber diesen Alternativen, ich habe schlicht nie den Drang dazu verspürt und es hat sich einfach nicht ergeben. Vielleicht überkommt es mich eines Tages und ich verschwinde von heute auf morgen nach Costa Rica, um kranke Kapuzineraffen zu pflegen. Vielleicht aber auch nicht.

Dort gäbe es in jedem Fall guten Kaffee, den ich gerne, häufig, und in großen Mengen konsumiere, vorzugsweise bezogen über „Loser Coffee“, dem sympathischen Paderborner Café & Skateshop. Außer dort trifft man mich in der „Sneak Preview“, wo ich meinen Horizont an popkulturellem Trivia-Wissen um mittelmäßige Filme erweitere. Ebenso bin ich häufiger Gast in Fitnessstudios, da es eine willkommene Abwechslung zum universitären Arbeitsalltag darstellt, leblose Eisenplatten von A nach B zu bewegen, wobei die einzige geistige Herausforderung darin besteht, beim Zählen bis zehn nicht durcheinanderzukommen.

„Wer Visionen hat, sollte zum Arzt gehen“, sagte Helmut Schmidt 1980. Seine Erklärung 30 Jahre später kann ebenso als Antwort auf die Frage nach meiner Vision gelten, wie das Zitat selbst: „Es war eine pampige Antwort auf eine dusselige Frage.“

Marius Protte

M.Sc.
Behavioral Economic Engineering and
Responsible Management

Hello and welcome to this short text about ... me. I was born and raised in Paderborn, but I am quite alright, nevertheless. More precisely, I grew up in the (very) Catholic neighborhood called Mastbruch. Once there was a place-name sign (exactly one) but it was stolen.

After graduation from school and some cluelessness about what to do next, I decided to study Business Administration and Economics at Paderborn University. It worked out – lucky me. After being part of the “Behavioral Economic Engineering & Responsible Management” workgroup as a student assistant for six years during my studies, I started my PhD on behavioural economics there, in 2020. Therein, my goal is to observe human behaviour in economic decisions, ideally understand it and, if possible, improve it.

Besides that, I am the person that CEOs of medium-sized companies like to talk about, when generously proclaiming their openness to applicants with “creative” CVs. Not the one with the respective resume, the other one, the common everyday academic which such an invitation refers to implicitly. No going abroad during school or university, no voluntary service, no self-discovery in Australia and no screwed-up startup. Not because I generally despise these options. I have just never felt the urge and it just did not come to pass. Maybe, one day, I will abruptly quit and move to Costa Rica to nurse sick capuchin monkeys. Or maybe not.

At least, in Costa Rica, there would be good coffee, which I like to consume gladly, frequently and in large amounts, preferably purchased via “Loser Coffee”, the sympathetic café & skate shop in Paderborn. Besides there, you will see me at the “sneak preview”, where I expand my repertoire of pop culture trivia by watching mediocre movies. I also frequently go to the gym. In a daily routine at the university, moving lifeless iron plates from A to B creates a welcome change, given your only cognitive challenge consists in not messing up counting to 10.


Helmut Schmidt said in 1980: “Anyone who has visions should go see the doctor”. His explanation to this quote came 30 years later and may serve as the answer to the question equally well as the quote itself regarding what my vision was: “It was a snotty response to a stupid question”.

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 cyber-physische 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
Telefon: +49 5251 | 60 62 75

 www.hni.upb.de/pe

Systematically and efficiently unlocking future business opportunities

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

With systematic strategy development and policy deployment, we consistently guide manufacturing companies on 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 appropriate development 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 is on the effectiveness and efficiency of development and production processes.

E-mail: iris.graessler@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 75

 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 mit einer maßgeschneiderten, innovativen und nachhaltigen Problemlösung den Kunden/die Kundin begeistert. Das Handlungsfeld Produktentstehung strukturiert die zugehörigen Lösungsansätze.

Strategische Planung und Innovationsmanagement

Synergien in den unternehmerischen Kompetenzen, dem Produktprogramm und den Kundenstrukturen werden dann bestmöglich erschlossen, wenn die Geschäftspolitik auf eine ganzheitliche unternehmerische Vision ausgerichtet ist. Um mögliche Entwicklungsrichtungen von geschäftspolitischem und gesellschaftlichem Umfeld, der Branche, der relevanten Schlüsseltechnologien und der Wettbewerbssituation zu antizipieren, setzen wir Methoden wie die Szenario-Technik ein und entwickeln diese weiter.

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

Entwicklungsmanagement und (Model Based) Systems Engineering

Die vielfältigen Fachdisziplinen vernetzen wir mit entwicklungs-methodischen Ansätzen wie dem von uns neu aufgelegten V-Modell für mechatronische und cyber-physische 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.

Informations- und Produktionsmanagement

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



Professorin Iris Gräßler mit ihrem Oberingenieur Dr.-Ing. Jens Pottebaum (rechts im Bild) und den Gruppenleitern Henrik Thiele, Daniel Roesmann und Christian Oleff (v. l.)
Professor Iris Gräßler with her senior engineer Dr.-Ing. Jens Pottebaum (right in picture) and the group leaders Henrik Thiele, Daniel Roesmann and Christian Oleff (LTR)

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 z. B. als Werkzeug zur Konzipierung und Planung moderner, komplexer Produkte von morgen. Das DFG-geförderte Innovations-Forschungsgrößgerät schafft ein Alleinstellungsmerkmal. Seine flexible und modulare Struktur ermöglicht es, Prüfstände situations- und themenabhängig zu konfigurieren und Lösungsansätze in variablen Forschungs-Designs zu validieren.

Lehrangebot

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.

Workgroup Product Creation

Progressing digitalisation and growing dynamics of economic processes by globalisation lead to intensified competition and increasing pressure to innovate. At the core of this is the question of who is the first to recognise the customer's problem situation and inspires the customer with a tailor-made innovative 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, the product programme and customer structures are then best developed if the business policy is oriented towards a holistic entrepreneurial vision. In order to anticipate the possible development of business, political and social environment, industry, relevant key technologies and the competitive situation, we use and further develop methods such as the Scenario-Technique.

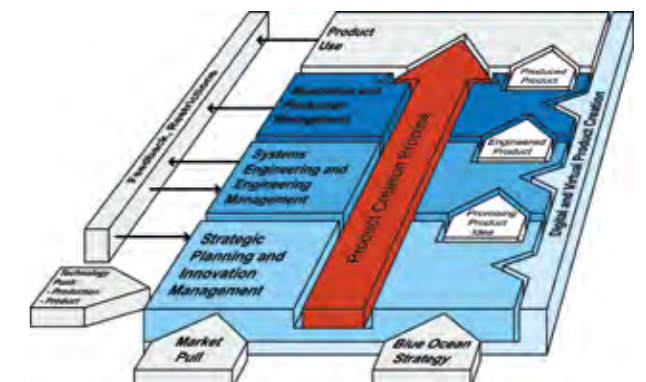
In order to convince end-users with a product innovation, one has to learn about the nature of product use, the prevailing conditions and the profile of the targeted buyer group by means of application scenarios. These application scenarios are provided as inputs to product development. Once the assumed boundary conditions as well as target costs and market entry date are regularly subjected to a premise controlling, so that 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 V-model for mechatronic systems, 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 development and production processes.

Information and production management

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



Handlungsfeld Produktentstehung
Action field of Product Creation

Digital and virtual product creation

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 as well as 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's and master's degree studies of mechanical as well as industrial engineering is designed with a clear perspective on competencies. It subsumes the current challenges of interested industrial companies to ensure that future engineers further develop their sophisticated problem solving ability.

Auswirkungsanalysen in der Produktentwicklung vereinfachen

Fachgruppe „Produktentstehung“ entwickelt modellbasierte Auswirkungsanalyse für industrielle Praxis

Die zuverlässige und schnelle Analyse sowie Abschätzung von Auswirkungen technischer Änderungen in der Entwicklung komplexer Systeme stellt Unternehmen täglich vor Herausforderungen. Das Forschungskonsortium ImPaKT entwickelt unter Führung der Fachgruppe „Produktentstehung“ modellbasierte und IT-gestützte Auswirkungsanalysen, um Entwickler*innen bei der objektiven Abschätzung von Auswirkungen effektiv zu unterstützen.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt für die „IKT-befähigte modellbasierte Auswirkungsanalyse in der Produktentwicklung“ (ImPaKT) ist im Januar 2021 gestartet und umfasst ein Projektvolumen von über vier Millionen Euro für die Dauer von drei Jahren. Das Konsortium entwickelt einen Lösungsansatz für effektive Auswirkungsanalysen von technischen Änderungen. Dadurch sollen aktuelle Herausforderungen wie unvollständige oder verteilte Datenbasen, Medienbrüche in den Informationsflüssen und die mangelnde Einbindung der Lieferanten bewältigt werden.



Christian Oleff und Dominik Wiechel vertreten die Fachgruppe „Produktentstehung“ im Forschungsprojekt ImPaKT.
Christian Oleff and Dominik Wiechel represent the “Product Creation” workgroup in the research project ImPaKT.

Eines der Projektziele ist der Aufbau der „ImPaKT“-Referenzarchitektur für eine durchgängig modellbasierte Systementwicklung, die die Anforderungen des technischen Änderungsmanagements erfüllt. Durch die Integration von mechanischen, elektronischen und softwaretechnischen Komponenten in einem Produkt sind interdisziplinäre Entwicklungsprozesse erforderlich. Auf der Ebene von Anforderungen, Funktionen und der Systemarchitektur sind diese systemisch zu betrachten. Auf dieser Basis werden Systemelemente disziplinspezifisch detailliert. Die Projektpartner*innen wollen deshalb einen gemeinsamen Parameterraum für Änderungen innerhalb einer Integrationsplattform schaffen. Darin sollen Modelle aus den



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



Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung

bestehenden Datentöpfen verschiedener Disziplinen – beispielsweise aus der Entwicklung mechanischer, elektrotechnischer und softwaretechnischer Systemelemente – verknüpft werden. Auf Basis der Integrationsplattform wollen die Projektpartner*innen mit den Mitteln des Model-based Systems Engineerings (MBSE) und unter Nutzung von Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI) Methoden für eine ganzheitliche Auswirkungsanalyse entwickeln und implementieren.

Die Verbundkoordinatorin, Professorin Iris Gräßler, arbeitet mit ihrem Team in der Fachgruppe „Produktentstehung“ an einer konkreten Beurteilung von Änderungsauswirkungen auf Basis eines Systemmodells. In Kooperation mit Industriepartner*innen wird die Tauglichkeit der Projektergebnisse an drei Fallbeispielen aus der Praxis validiert: einem komplexen Raupenlaufwerk für Landmaschinen, einer intelligenten Auswuchtmaschine und einem Präzisionswerkzeug für den Spritzguss von Steckdosendeckeln für E-Fahrzeuge. Auf Grundlage der „ImPaKT“-Referenzarchitektur wird ein Demonstrator implementiert, der die Modelle und Informationen verknüpft sowie deren Auswertung ermöglicht.

Am Projekt beteiligt sind neben dem Heinz Nixdorf Institut das Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung der RWTH Aachen, die Softwarehäuser CONTACT Software, itemis und PROSTEP sowie die Anwenderunternehmen Eisengiesserei Baumgarte, Hadi-Plast Kunststoff-Verarbeitung, Hofmann Mess- und Auswuchttechnik, CLAAS Industrietechnik, Knapheide Hydrauliksysteme sowie Schaeffler.

Simplify impact analyses in product engineering

The workgroup develops model-based impact analysis for industrial practice



The reliable and rapid analysis as well as the estimation of effects of technical changes in the engineering of complex systems means daily challenges for companies. The ImPaKT research consortium, led by the “Product Creation” workgroup, develops model-based and IT-supported impact analyses to effectively support developers in objectively estimating impacts.

The research project “ICT-enabled model-based impact analysis in product engineering” (ImPaKT) started in January 2021. The project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). It comprises a project volume of more than four million euros for a period of three years. The consortium is developing a solution approach for effective impact analyses of technical changes. The objective is to optimise the current challenges such as incomplete or distributed data and knowledge bases, discontinuities in the information flows and the lack of supplier involvement.

One of the project goals is to establish an “ImPaKT” reference architecture for continuous model-based system engineering which addresses the specific requirements of technical change management. The integration of mechanical, electronic and software components in a product requires interdisciplinary engineering processes. A systemic perspective is required for requirements, functions and system architecture. On that basis, system elements are detailed discipline-specific. Therefore, the project partners create a common parameter space for changes within an integration platform. Models from existing data sources of different disciplines are to be linked in it. Examples cover the engineering of mechanical, electrotechnical and software-technical system elements. On the basis of the integration platform, the project partners develop and implement methods for a comprehensive impact analysis using the tools of model-based systems engineering (MBSE) and artificial intelligence (AI) algorithms.

Project coordinator Professor Iris Gräßler with her team at the “Product Creation” workgroup is working on a concrete assess-



Diskussion des Konzepts zur modellbasierten Auswirkungsanalyse anhand ausgewählter Bauteile.
Discussion of the concept for model-based impact analysis based on selected components.

ment of change effects based on a system model. The usability of the project results are validated in cooperation with industrial partners using three practical case studies: a complex caterpillar for agricultural machinery, an intelligent balancing machine and a precision tool for the injection molding of a electric plug for e-vehicles. Based on the “ImPaKT” reference architecture, the consortium partners then implement a demonstrator that links the information and enables its evaluation.

In addition to the Heinz Nixdorf Institute, the project involves the Institute for Machine Elements and System Development at RWTH Aachen University, the software houses CONTACT Software, itemis and PROSTEP as well as the user companies Eisengiesserei Baumgarte, Hadi-Plast Kunststoff-Verarbeitung, Hofmann Mess- und Auswuchttechnik, CLAAS Industrietechnik, Knapheide Hydrauliksysteme and Schaeffler.



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



Supported by: Federal Ministry of Education and Research

Zukunftsrobuste Entwicklung Cyber-Physischer Systeme

Neue VDI/VDE Richtlinie 2206 bedeutet Meilenstein für die Entwicklung technischer Systeme.

Wenn es um die methodische Unterstützung bei der Entwicklung mechatronischer Systeme geht, führt kein Weg an der VDI-Richtlinie 2206 vorbei. Seit ihrer Veröffentlichung im Jahr 2004 ist die Richtlinie in der industriellen Praxis etabliert. Sie ist zu einem Standard in der Entwicklung komplexer und vernetzter Systeme geworden. Die immer rasanter fortschreitende Digitalisierung machte jedoch eine Weiterentwicklung dieser Richtlinie zwingend notwendig.


Den Vorsitz des zuständigen VDI-Fachausschusses 4.10 hat Professorin Iris Gräßler inne. Er besteht jeweils zu gleichen Teilen aus bundesweiten akademischen Mitglieder*innen und Industrievertreter*innen unterschiedlicher Branchen. Der Fachausschuss präsentierte nun ein Ergebnis, das einen Meilenstein in der Entwicklung technischer Systeme darstellt. Statt ausschließlich mechatronische Systeme in den Blick zu nehmen, bezieht die Richtlinie 2206 fortan Cyber-Physische Systeme in die Betrachtung mit ein. Durch die Anbindung an das Internet der Dinge und Dienste sowie der daraus folgenden höheren Komplexität und Vernetzung stellen die Cyber-Physischen Systeme die nächste Entwicklungsstufe dar. Diese bedarf einer aktualisierten Betrachtung. Gleichzeitig wird die Produktsicht auf die Abbildung digitaler Geschäftsmodelle erweitert.



Seit November 2021 liegt die VDI/VDE Richtlinie 2206 im Weißdruck vor. Since november 2021 the VDI/VDE guideline 2206 is available in white print.

Im Rahmen der Neufassung der Richtlinie erlebte das aus der Softwareentwicklung übernommene, an die Anforderungen der Mechatronik angepasste und bewährte V-Modell eine grundsätzliche Überarbeitung. Die zugrundeliegenden, sachlogisch verknüpften Aufgaben der Produktentwicklung wurden auf ihre Aktualität überprüft und angepasst. Neu aufgegriffen wird der

Umgang mit Anforderungen an das zu entwickelnde System. Damit wird ein Fokus auf die Arbeit mit Anforderungen gelegt und insbesondere die Änderung von Anforderungen während eines Entwicklungsprojektes behandelt. Über die Aufnahme der relevanten Aspekte des Systems Engineerings werden die Anwender*innen dazu angeleitet, den holistischen Produktlebenszyklus und das zu entwickelnde System im Ganzen im Blick zu behalten. Dabei wird das zu betrachtende System in funktionale und logische Teilsysteme zerlegt und damit die hohe Komplexität der Gesamtsysteme beherrschbar gemacht. Damit spiegelt die überarbeitete Richtlinie nun den seit der Erstfassung der VDI-Richtlinie im Jahr 2004 eingetretenen technischen und organisatorischen Fortschritt vollumfänglich wider. Sie bietet den anwendenden Unternehmen die Möglichkeit, ihre Produktentwicklung zukunftsrobust auf die Herausforderungen der Zukunft auszurichten. Die überarbeitete Richtlinie liegt seit November 2021 im Weißdruck vor.

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


Future-robust engineering of cyber-physical systems

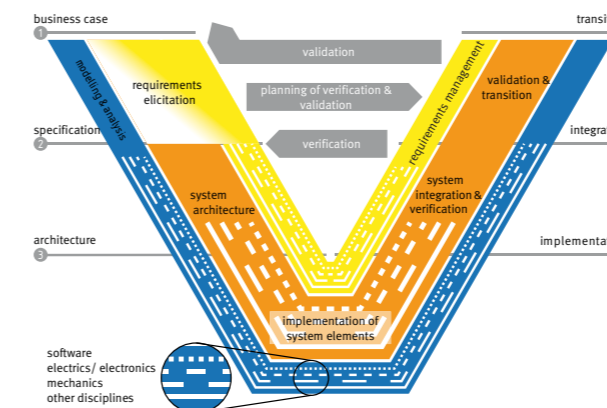
New VDI/VDE guideline 2206 means a milestone for the development of technical systems

When it comes to methodical support in the development of mechatronic systems, there is no way around VDI Guideline 2206. Since its publication in 2004, the guideline has become well established in industrial practice. It has become a standard in the development of complex and networked systems. However, the increasingly rapid progress of digitalisation has made it necessary to revise the original guideline.

The responsible VDI Technical Committee 4.10 is chaired by Professor Iris Gräßler. It consists of equal numbers of nationwide academic members and industry representatives from a wide range of sectors. The Technical Committee has now presented a result that represents a milestone in engineering technical systems. Instead of focusing exclusively on mechatronic systems, the guideline 2206 now includes cyber-physical systems in its consideration. Because of the connection to the Internet of Things and Services and the resulting higher complexity and networking, cyber-physical systems represent the next development step and require an updated consideration. In parallel, the product view is expanded to digital business models.

broken down into functional and logical subsystems. Thus, the high complexity of the overall systems becomes manageable. The revised guideline now fully reflects the technical and organisational progress that has occurred since the first version of the VDI guideline in 2004 and offers the companies the possibility to orientate their product engineering robustly against the challenges of the future. The revised guideline has been available in white print since November 2021.

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



Das V-Modell der neuen VDI/VDE Richtlinie 2206
The V-model of the new VDI/VDE guideline 2206

The V-model, which has been adopted from software development and adapted to the requirements of mechatronics, has undergone a fundamental revision. The underlying, task-oriented view on product engineering was checked for its timeliness and adapted. For example, the handling of requirements of the system under development is taken up. This places a focus on working with requirements and, in particular, requirements changes during the engineering project. By including the relevant aspects of systems engineering, users are guided in considering the holistic product life cycle and the system to be developed as a whole. In doing so, the system to be considered is

Innovation durch Kollaboration, Visualisierung und Analyse

Mit dem Innovations-Forschungsgrößgerät in neue Dimensionen der Produktentstehung vordringen

Die Fachgruppe „Produktentstehung“ hat ihre Laborinfrastruktur um ein echtes Alleinstellungsmerkmal erweitert: Mit dem durch die DFG geförderten Innovations-Forschungsgrößgerät wird die Forschung zu Kollaboration und Visualisierung in allen Phasen der Produktentstehung befähigt. Neben zahlreichen Hilfsmitteln zur Konfiguration von Ingenieur*innen-Arbeitsplätzen der Zukunft ist besonders die Technik zur Erhebung von Forschungsdaten einmalig.

Die neue Forschungsinfrastruktur ermöglicht Untersuchungen im Übergang von Innovations- zu Entwicklungsmanagement, die gleichzeitig Grundlage für nachgelagerte Phasen der Produktentstehung bilden. Es können unterschiedliche Arbeitsumgebungen für einzelne Ingenieur*innen und vor allem Entwicklungsteams in der Zusammenarbeit geschaffen werden.

Erste Prüfstände erfolgreich umgesetzt

Erste Forschungsprojekte zeigen die Bandbreite von Forschungsthemen, die unterstützt werden können: Für einen Montage-Arbeitsplatz wurde untersucht, inwiefern unterschiedliche Ansätze wie Virtual Reality und Systemmodelle für ein System-Review nutzbar sind. Was sind die Vorteile von VR, was sind die Vorteile abstrakter Systemmodelle? Forschungsthema für eine andere Prüfstands-Konfiguration war, wie digitale Assistenzsysteme an Montagearbeitsplätzen lernförderlich eingesetzt werden können. Verändern Proband*innen ihre Vorgehensweise nachhaltig, wenn sie durch digitale Assistenz dazu angeleitet werden? Derartige Prüfstände werden in der Laborumgebung konfiguriert und können anschließend für unterschiedliche Proband*innen oder Gruppen eindeutig reproduziert werden.

Innovative Beobachtungs- und Analysetechnik

Die Kollaboration und Interaktion von Menschen untereinander, aber auch zwischen Mensch und Maschine, kann im Labor vollständig protokolliert werden. Audio-, Video- und Bildschirmaufzeichnungen generieren dabei enorme Datenströme, die in Echtzeit kommentiert und im Nachgang ausgewertet werden. Im Foto oben konnten Proband*innen am Montagearbeitsplatz aus verschiedenen Perspektiven beobachtet werden. Gleichzeitig wurde die Interaktion zwischen dem Probanden/der Probandin und dem digitalen Assistenzsystem aufgezeichnet. Verändert sich die Zeit, die Anweisungen für eine bestimmte Tätigkeitsart wie das Positionieren von Bauteilen einer Baugruppe zu sichten? Können Vorgehensweisen auf neue Varianten einer Baugruppe übertragen werden? Durch die Beobachtungstechnik können die Wissenschaftler*innen aus der Ferne nichtteilnehmend beobachten, direkt in der Beob-



Gestaltung eines digitalen und erfahrungsbasierten Assistenzsystems zur Befähigung der schlanken Produktion
Design of a digital and experiential assistance system to enable lean production

achtung durch einfache Markierungen protokollieren und direkt im Nachgang durch Interviews Erfahrungen gezielt abfragen.

Umfassende Forschungsdaten, gezielte Analyse

In den Beispielen konnten so umfassend Forschungsdaten erhoben werden, die eine erheblich verbesserte Grundlage für die Beantwortung der Forschungsfragen bieten. Damit stellt sich das Heinz Nixdorf Institut mit der Fachgruppe „Produktentstehung“ auch mit Blick auf die steigende Bedeutung nachvollziehbarer Forschungsdaten zukunftssicher auf. Gleichzeitig werden Hilfsmittel etabliert, die die Auswertung dieser enormen Datenmengen intuitiv und effizient ermöglichen. Digitale und virtuelle Produktentstehung wird im Labor erlebbar – und gleichzeitig in der Tiefe erforschbar.

 **Dr.-Ing. Jens Pottebaum**
E-Mail: jens.pottebaum@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 58

Innovation by collaboration, visualisation and analysis

Approaching new dimensions of product creation with large-scale innovation equipment

The “Product Creation” workgroup extended its lab infrastructure by an essential unique selling point: The large-scale innovation equipment was funded by DFG and enables research on collaboration and visualisation in all phases of Product Creation. Besides various tools to configure engineering workplaces of the future, the technology to gather research data differentiates the new lab from comparable institutions.

The new research infrastructure enables investigations in the transition from innovation to development management. At the same time, these investigations form the basis for upstream and downstream phases of Product Creation. Different working environments can be created for individual engineers and, specifically, their collaboration in development teams.

First test benches successfully implemented

Initial research projects show the range of research topics that can be supported: For an assembly workstation, the extent to which different approaches such as virtual reality and system models can be used for a system review was investigated. What are the advantages of VR and what are the advantages of abstract system models? The research topic of another test bench configuration was how digital assistance systems can be used at assembly workplaces to promote learning. Do probands change their approach in the long term when they are guided to do so by digital assistance? Such test benches are configured in the laboratory environment. They can be clearly reproduced for different probands or groups.



Kollaboration von Entwicklungsingenieuren im System-Review mittels Visualisierung von Partialmodellen an einem Multi-Touch-Tisch
Collaboration of engineers in a system review using a multi-touch table to visualise partial models

 **Dr.-Ing. Jens Pottebaum**
E-mail: jens.pottebaum@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 58

Innovative observation and analysis technology

The collaboration and interaction of humans with each other, but also between humans and machines, can be fully recorded in the laboratory. Audio, video and screen capture recordings generate enormous data streams that can be commented on in real-time and analysed afterwards. In the second example above, probands at the assembly workplace could be observed from different perspectives. At the same time, the interaction of the test person with the digital assistance system was recorded. Does the time spent viewing instructions for a certain type of activity change? One type of the activities was the positioning components of an assembly. Can procedures be transferred to new variants of an assembly? The observation technique allows the researchers to observe remotely in a non-participatory manner to record directly in the observation by means of simple markings, and to specifically query experiences directly in follow-up interviews.

Comprehensive research data, targeted analysis

In the examples, it was thus possible to collect comprehensive research data that provide a considerably improved basis for answering the research questions. In this way, the Heinz Nixdorf Institute and its “Product Creation” workgroup are also positioning themselves for the future with a view to the increasing importance of comprehensible research data. At the same time, tools are being established that enable the evaluation of these enormous amounts of data intuitively and efficiently. Digital and virtual product creation can be experienced in the laboratory – and at the same time researched in depth.



Anna-Sophie Koch

M.Sc.
Produktentstehung

Ich arbeite seit November 2020 als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Produktentstehung“. Schon während meiner Tätigkeiten als Werkstudentin und Masterandin ist mir aufgefallen, wie häufig es in Unternehmen vorkommt, dass wenig personelle und zeitliche Ressourcen zur Verfügung stehen. Statt durchdachte und zu Ende gedachte Lösungen zu entwickeln, werden häufig die pragmatischsten und zunächst am einfachsten erscheinenden Lösungen gewählt. Um bei derartigen Problemen in die Tiefe gehen zu können, bin ich nach meinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens in der Fachrichtung Maschinenbau als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Paderborn geblieben. Dabei gefällt mir besonders die Zusammenarbeit in einem jungen, dynamischen Team in der Fachgruppe. Es fasziniert mich immer wieder, wie motiviert meine Kolleg*innen an Aufgaben herangehen und wie schnell tolle Projekte auf die Beine gestellt werden.

Im Rahmen meiner Tätigkeit in der Fachgruppe befasse ich mich mit der strategischen Planung und dem Innovationsmanagement: Ein spannendes Themenfeld, da im Rahmen dessen die Grundlagen für die Entwicklung, Produktion und Vermarktung erfolgversprechender Produktideen erarbeitet werden. Besonders reizt mich die vielfältige Zusammenarbeit sowohl mit anderen universitären Einrichtungen als auch Industriepartnern. Dadurch lerne ich die verschiedenen Zielsetzungen und Randbedingungen der Partner kennen. Ein Beispiel ist der Gegensatz zwischen dem aktuellen Stand der Forschung und dem aktuellen Stand der Technik in vielen Unternehmen. In jedem Projekt stecken kleine und große Herausforderungen, die es zu meistern gilt. Deren erfolgreicher Abschluss motiviert mich, auch das nächste Problem mit Ehrgeiz anzugehen.

Auch in meiner Freizeit setze ich mir gern Ziele: Sei es die Teilnahme an einem offiziellen Lafevent wie dem Paderborner Osterlauf, das Erklimmen eines Berggipfels beim Wandern oder auch die Fahrt in den Urlaub auf dem Fahrrad. Bewegung an der frischen Luft hilft mir, mich körperlich auszupeinern, aufzutanken und meine Gedanken für die Arbeit zu ordnen, um mit neuer Energie in die nächste Aufgabe starten zu können.

Anna-Sophie Koch

M.Sc.
Product Creation

I have been working as a research assistant in the “Product Creation” workgroup since November 2020. During my activities as a working student and master’s student, I already noticed how often it happens in companies that there are only a few members of personnel and limited time resources available and that, instead of developing well thought-out solutions, the most pragmatic and initially simplest solutions are often chosen. In order to be able to go into such problems in depth, I stayed at the Paderborn University as a research assistant after completing my studies in industrial engineering. I particularly like the cooperation in a young, dynamic team at the workgroup. It fascinates me again and again as to how motivated my colleagues approach tasks and how quickly great projects can be set up.

As part of my work at the workgroup, I am involved in strategic planning and innovation management, which is an exciting subject area, as this is where the foundations are laid for the development, production and marketing of promising product ideas. I am particularly attracted by the diverse co-operation with other university institutions as well as industrial partners. I get to know the different objectives and boundary conditions of the partners, such as the current state of research in contrast to the current state of technology in companies. In every project, there are small and big challenges to be mastered. Their successful completion motivates me to tackle the next problem with ambition.

I also like to set ambitious goals in my free time: Be it participating in an official running event like the Paderborn Easter Run, climbing a mountain peak while hiking or even going on vacation by bike. Exercising in the fresh air helps me to get physically fit, recharge my batteries and get my thoughts in order for work so that I can start the next task with renewed energy.

»» Ich verliere nie. Entweder ich gewinne oder ich lerne. ««

»» I never lose. I either win or learn. ««

Nelson Mandela

Hohe Rechenleistung = Innovative Computersysteme + Effiziente Algorithmen

Prof. Dr. math. Friedhelm Meyer auf der Heide
Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy

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

E-Mail: fmadh@upb.de
Telefon: +49 52 51 | 60 64 80

 www.hni.upb.de/alg

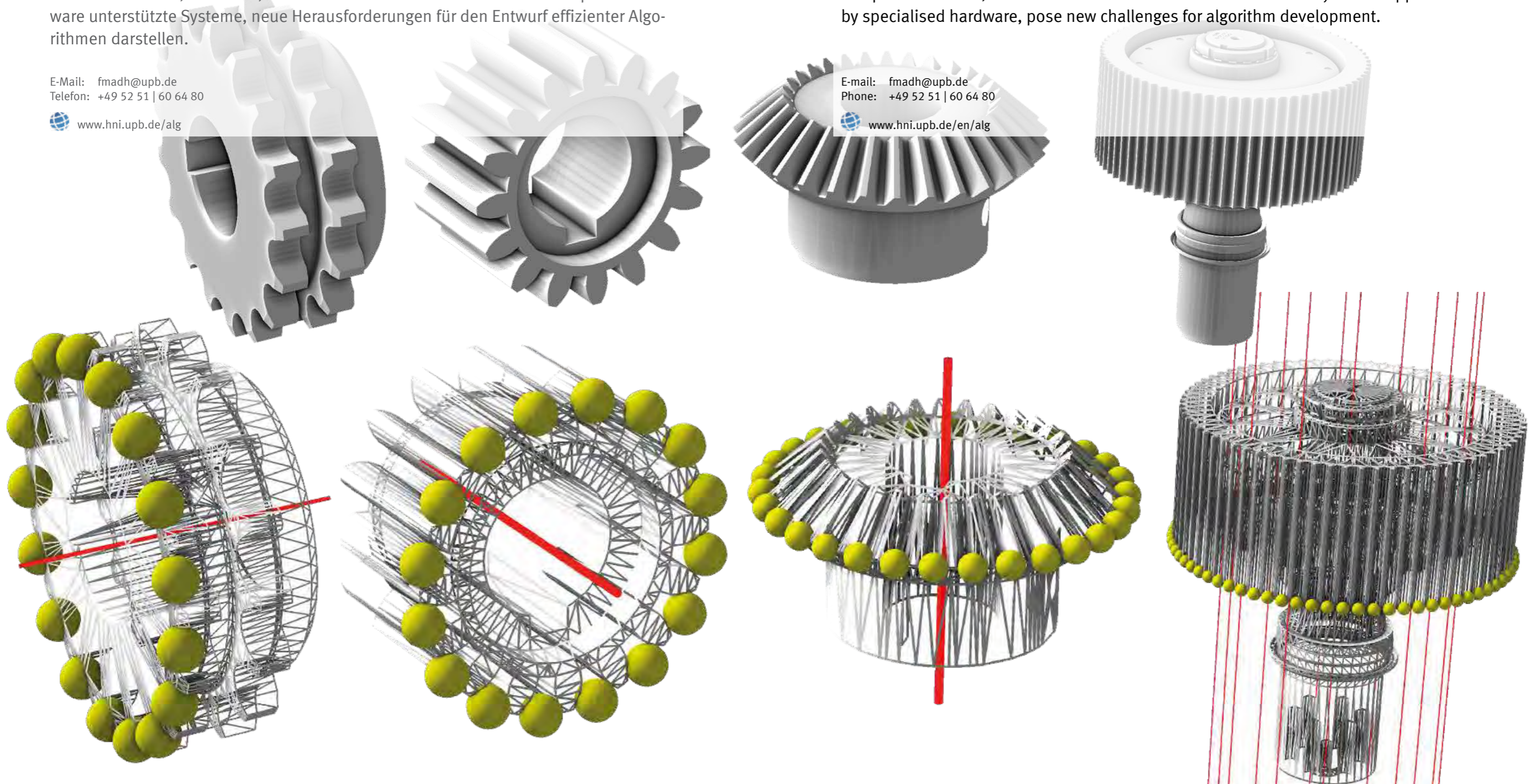
High performance = Innovative computer systems + Efficient algorithms

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
Phone: +49 52 51 | 60 64 80

 www.hni.upb.de/en/alg



Fachgruppe Algorithmen und Komplexität

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

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

Ressourcenmanagement

Viele moderne Anwendungen werden in absehbarer Zeit so viele Daten generieren, dass eine Platzierung des entsprechenden Services nah am Nutzer/an der Nutzerin 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 des Betrachters/der Betrachterin. Ein derzeitiger Schwerpunkt ist die Entwicklung von sog. progressivem Sampling, das es erlaubt, das Clustern von zusammengehörigen geometrischen Primitiven effizient auf der Grafikkarte zu erledigen.

Algorithmische Spieltheorie

Eine einzelne Partei, sei es eine Person, ein Unternehmen oder ein Staat, neigt dazu, ihre Interessen in der gegebenen Situation zu verfolgen, während die Welt aus mehreren interagierenden Parteien zusammengesetzt ist. Wir analysieren das Verhalten in solchen Interaktionen, wobei wir manchmal die Interaktionen anpassen, während wir davon ausgehen, dass jede Partei ihre Interessen optimal verfolgt. Wir modellieren und untersuchen das Netzwerkverhalten von Akteur*innen mithilfe von Analysen sozialer Netzwerke unter algorithmischen und spieltheoretischen Gesichtspunkten.

Workgroup Algorithms and Complexity

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

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

Resource management

Many modern applications will generate so much data in the foreseeable future that it will be essential to place the corresponding service close to the user. In order to keep the placement costs of these services low, we are working on the efficient adjustment of the placement of a fixed amount of resources in order to minimise the costs of incoming requests. One focus is currently the investigation of scenarios in which different services can be offered and demanded. In particular, offering several services in one place, and the demand for combinations of services makes it challenging to decide which combinations should be offered and where.

Scheduling

In modern heterogeneous data centres, scheduling, i.e. the distribution of tasks among resources, is becoming more and more important. We develop and analyse scheduling algorithms that efficiently manage the usage of resources in huge computing centres while guaranteeing provably good performance. Currently, a special focus is on the question of how a combination of a resource-limited server and a cloud can be used efficiently and cost-effectively.

Local strategies for robot swarms

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

Algorithmic foundations of computer graphics

In order to navigate in a virtual three-dimensional world and to create a realistic impression, high demands are made on data structures and algorithms which are used to manage such worlds and render them as images. We focus on the development of algorithms that can compute an approximate rendering of the virtual world in real time, depending on the viewer's viewing position and direction. A current focus is the development of so-called progressive sampling, which allows the clustering of related geometric primitives to be done efficiently on the graphics card.

Algorithmic game theory

A single party, whether a person, company or state tends to pursue their interests given the situation, whereas the world is combined from multiple interacting parties. We analyse behaviours in such interactions, sometimes adjusting the interactions, while assuming each party optimises for their interests. We model and study the network countenance of agents with social network analyses from the algorithmic and the game-theoretic points of view.

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.


Verteiltes Rechnen trifft Dynamische Systeme


Mit dem Lehrstuhl „Angewandte Mathematik“ der Universität Paderborn, unter der Leitung von Professor Michael Dellnitz, vereinigen wir in einem von der DFG geförderten Projekt zwei Sichten auf Formationsalgorithmen. Der Forschungsbereich des Verteilten Rechnens beschäftigt sich damit, beweisbar korrekte und Worst Case-effiziente Algorithmen für Formationsprobleme zu entwickeln. Aus der Sicht der dynamischen Systeme ist ein feingranularerer Blick von Interesse: Wie müssen die Roboter initial angeordnet sein, damit der Algorithmus besonders schnell oder langsam ist? Wie verändert sich das Verhalten, wenn wir die Positionen der Roboter leicht verändern? Üblicherweise sind solche Fragestellungen so komplex, dass diese nicht mehr analytisch, sondern durch aufwändige Simulationen für eine feste (kleine) Anzahl an Robotern beantwortet werden. Durch die Kombination von beiden Sichten erwarten wir ein umfassenderes Verständnis, welches wir nutzen wollen, um Algorithmen für neue Formationsprobleme, z. B. Dispersionsprobleme, zu entwickeln.


Dispersionsprobleme

Ziel von Dispersionsproblemen ist es, Roboter mit lokaler Sicht möglichst weit zu verteilen ohne dabei den Zusammenhang aufzugeben. Ein Beispiel sind Linienbildungsprobleme, wie das Max-Chain-Formation Problem und das Max-Line-Formation Problem. Beim Max-Chain-Formation-Problem sind die Roboter in einer Kette angeordnet und das Ziel ist es, die Distanz der Endroboter dieser Kette zu maximieren und gleichzeitig dafür zu sorgen, dass die Kette zusammenhängend bleibt. Das Max-Line-Formation-Problem hat ein ähnliches Ziel: Die Roboter sollen auf einer Linie mit maximaler Länge angeordnet werden. Hierbei sind die Roboter initial nicht in einer Kette angeordnet, sondern können alle anderen Roboter in konstanter Distanz wahrnehmen. Für beide Probleme konnten wir effiziente Algorithmen in verschiedenen Zeitmodellen entwerfen.

Aktuell arbeiten wir an allgemeineren Dispersionsproblemen, wie das Ausfüllen einer geschlossenen Form. Man nimmt an, dass sich alle Roboter in einer geschlossenen Form, z. B. einem

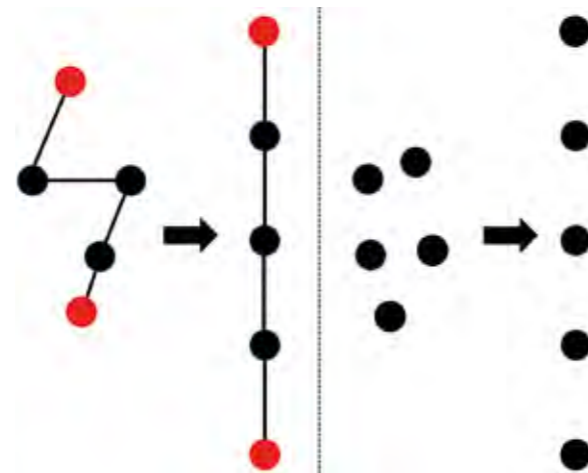
 **Jannik Castenow, M.Sc.**
E-Mail: jannik.castenow@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 64 20

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

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Projektpartner: Prof. Dr. Michael Dellnitz (Universität Paderborn)

Rechteck befinden. Als Ziel möchte man erreichen, dass die Roboter die Form möglichst gut ausfüllen. Hierbei sind verschiedene Definitionen denkbar. Aktuell schauen wir uns speziell Rechtecke an und entwerfen Algorithmen, um die Roboter in einer Gitterformation aufzustellen.

In Zukunft wollen wir untersuchen, welche Fähigkeiten die Roboter benötigen, um solche Probleme zu lösen und um unsere Ergebnisse auf allgemeinere Formen zu verallgemeinern, z. B. konvexe Polygone.



Das Max-Chain-Formation-Problem (links) und das Max-Line-Formation Problem (rechts).
The Max-Chain-Formation problem (left) and the Max-Line-Formation problem (right).

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.

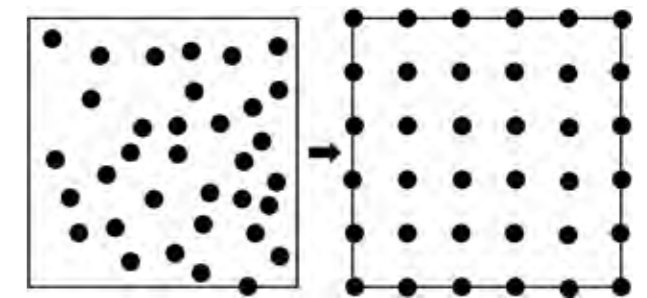
Distributed computing meets dynamical systems

Together with the Chair of Applied Mathematics at Paderborn University, headed by Professor Michael Dellnitz, we combine two views on formation algorithms in the DFG-funded project “Algorithms for Swarm Robotics: Distributed Computing Meets Dynamical Systems”. The distributed computing research area is concerned with developing provably correct and worst-case efficient algorithms for formation problems. From the dynamical systems point of view, a more fine-grained view is of interest: How must the robots be initially arranged for the algorithm to be particularly fast or slow? How does the behaviour change when we slightly change the positions of the robots? Usually, such questions are so complex that they are no longer answered analytically, but by elaborate simulations for a fixed (small) number of robots. By combining both views, we expect to gain a more comprehensive understanding of formation algorithms, which we intend to use to develop new algorithms for formation problems, e.g. dispersion problems.

Dispersion

The goal of dispersion problems is to distribute robots with local visibility as far as possible without giving up connectivity. An example are line formation problems, such as the Max-Chain-Formation problem and the Max-Line-Formation problem. In the Max-Chain-Formation problem, robots are arranged in a chain and the goal is to maximise the distance of the end robots of this chain while ensuring that the chain remains connected. The Max-Line-Formation problem has a similar goal: the robots should be placed on a line with maximum length. Here, the robots are not initially arranged in a chain, but robots can perceive all other robots at a constant distance. For both problems, we were able to design efficient algorithms in different time models.

Currently, we are working on more general dispersion problems, such as filling a closed shape. It is assumed that all robots are in a closed shape, e.g. a rectangle. The goal is to have the robots fill the shape as well as possible, various defi-



Die Roboter im Quadrat sollen eine regelmäßige Gitterstruktur bilden.
The robots inside of the square should arrange themselves in a grid formation.

nitions are possible. Currently, we are specifically looking at rectangles and designing algorithms to place the robots in a grid formation.

In the future, we want to investigate what capabilities the robots need to solve such problems and generalise our results to more general shapes, e.g. convex polygons.

 **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 partner: Prof. Dr. Michael Dellnitz (Paderborn University)

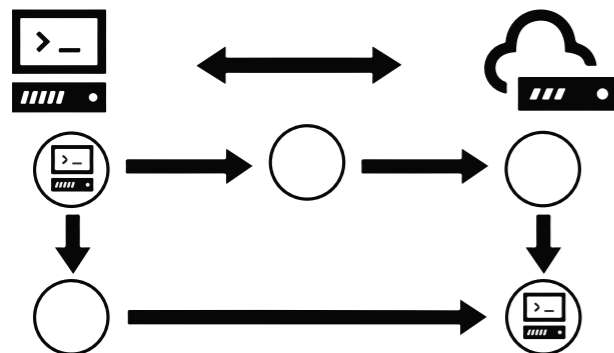
Ressourcenmanagement & Scheduling

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


Nachdem wir bereits das Online Facility Location Problem durch Heterogenität erweitert haben, haben wir diese Erweiterung auf andere klassische Online-Probleme übertragen. Wir stellen uns Modelle vor, in denen eine Ressource in einem Netzwerk verwaltet wird. Über die Zeit wird die Ressource an unterschiedlichen Punkten im Netzwerk angefragt. Diese Anfragen müssen unmittelbar beantwortet werden, was je nach Modell unterschiedliche Aktionen erfordert (z. B. Instanziierung, Bewegung), welche Kosten hervorrufen. Ziel eines Algorithmus ist es, minimale Kosten zu erzeugen. Wir erweitern diese Modellklasse, indem wir mehrere, unterschiedliche Ressourcen erlauben (z. B. laufende Dienste, Speicherplatz, Rechenleistung), was wir als Heterogenität bezeichnen. Diese Ressourcen können etwa zusammen instanziiert oder bewegt werden, was geringere Kosten im Vergleich zu einer getrennten Verwaltung erzeugt.


Beim Facility Location Problem erhöht sich die Kompetitivität in Abhängigkeit der Anzahl an Typen von Ressourcen relevant und nicht-triviale Algorithmen werden benötigt. Eine Anwendung von Heterogenität im K-Server-Modell erscheint vielversprechend. Bereits in einfachen Situationen werden interessante Algorithmen und Analysen notwendig, um eine (gute) Kompetitivität zu erreichen.




Darstellung der Maschinenstruktur und eines Jobgraphen.
Representation of the machine structure and a job graph.

 **Till Knollmann, M.Sc.**
E-Mail: tillk@mail.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 64 28

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

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

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

Server-Cloud Scheduling

Wir befassen uns weiterhin mit Server-Cloud Scheduling, erkunden die Grenzen des effizient Berechenbaren und suchen nach möglichen Generalisierungen. In dem Problem geht es darum, große komponierte Jobs, die als Graph gegeben sind, auf einem Server und einer mietbaren Cloud auszuführen. Der Server hat limitierte Kapazität, ist aber kostenlos, wohingegen die Cloud unbegrenzt ist, aber bezahlt werden muss. Zusätzlich müssen wir Verzögerungen einkalkulieren, wenn zwei aufeinander aufbauende Jobs nicht beide auf dem Server oder beide in der Cloud bearbeitet werden. Für das generelle Problem konnten wir zeigen, dass es nicht möglich ist, effizient gute Annäherungen an optimale Schedules zu berechnen. Für einige eingeschränkte Versionen ließ sich zeigen, dass sie nicht effizient optimal zu lösen sind. Auf der konstruktiven Seite war es uns möglich, für in der Breite beschränkte Jobgraphen beliebige gute Annäherungen an eine optimale Lösung zu finden.

Wir richten unseren Blick nun auf Erweiterungen des Modells. Beispiele hierfür sind Probleme mit mehreren unterschiedlichen Cloudanbietern, Jobs, die auf bestimmten Maschinen nicht ausgeführt werden können (Sicherheitsrisiken oder fehlende Ressourcen), und Online-Versionen des Problems, in denen die Probleminstanz Stück für Stück aufgedeckt wird.

Resource management & scheduling

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

Heterogeneous resource allocation

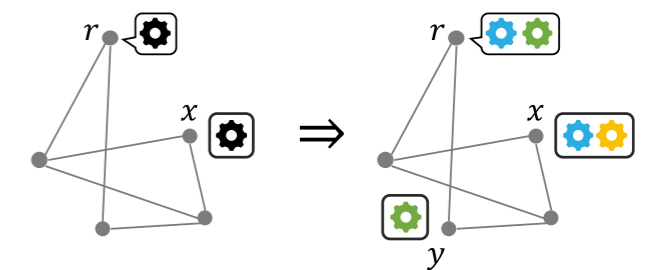
After we already extended the Online Facility Location Problem by heterogeneity, we investigated this extension further and transferred it to other classic online problems. In general, we consider models where a resource is managed in a network setting. Over time, the resource is requested at various locations in the network. These requests must be answered immediately possibly requiring different actions depending on the model (e.g. instantiating the resource again or moving it) that induce some cost. The goal of an algorithm is to minimise the total cost. We extend this class of models by introducing multiple kinds of resources (e.g. services running in virtual machines, storage space, computing power). This property is what we call heterogeneity. Different resources might, for example, be instantiated or moved together, which is worthwhile in comparison to a separated management due to reduced costs.

The competitive ratio of Online Facility Location increased dependent on the number of introduced types in the lower bound and non-trivial algorithms were required to achieve a good upper bound. Introducing heterogeneity in the classical K server model seems promising. Our research shows that already in simple settings interesting algorithmic approaches and analyses are needed to achieve a (good) competitive ratio.

Server-cloud scheduling

We continue to address server-cloud scheduling, exploring the limits of what can be computed efficiently and looking for possible generalisations. The problem is about processing large composed jobs, given as graphs, on a server and a rentable cloud. The difficulty arises because the server has limited capacity but is free, whereas the cloud is unlimited but must be paid for. In addition, we have to incorporate delays when two jobs that build on each other are not both processed on the server or the cloud.


We were able to show for the general problem that it is not possible to efficiently compute good approximations to optimal schedules. We were also able to show that some constrained versions of the problem cannot be efficiently solved optimally.





Wir führen Heterogenität ein, indem wir Anfragen (r) für verschiedene Ressourcen (auf x und y) erlauben.
Heterogeneity is introduced by allowing requests (r) for different resources (at x and y).


On the constructive side, we were able to find arbitrarily good approximations to an optimal solution for job graphs restricted in breadth.

We now turn our attention to extensions of the model. Examples include problems with multiple different cloud providers, jobs that cannot be run on certain machines (security risk or lack of resources) and online versions of the problem in which the problem instance is revealed piece by piece.

 **Till Knollmann, M.Sc.**
E-mail: tillk@mail.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 64 28

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

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

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

Algorithmen für Computergrafik

Darstellung hochkomplexer Szenen in Echtzeit

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

DigiChemLab¹

Das Projekt „DigiChemLab“ zielt auf die Entwicklung einer virtuellen Lernplattform für die chemisch-technische Ausbildung mittels Virtual Reality Technologie. Es 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.



Chemielabor
Chemistry lab

Ein beispielhafter Anwendungsfall „Labor“ im technischen Umfeld sieht folgendermaßen aus: Studierende sollen nach den Anweisungen ihrer Lehrmaterialien einen Versuch in einem virtuellen Labor durchführen. Dazu begeben sie sich mit dem VR-Headset in das virtuelle Labor. Die Interaktion mit der 3-D-Welt erfolgt mithilfe von zwei Controllern, die sie an ihren Händen haben. Damit können sie Gegenstände der 3-D-Welt greifen und bedienen. Für einen Versuch nehmen sie notwendige Geräte aus Schränken, stellen sie auf dem virtuellen Arbeitstisch ab und bereiten deren Einsatz vor. Materialien werden mit den Geräten virtuell bearbeitet, experimentelle Versuche können in der virtuellen Welt durchgeführt werden. Der Studierende erhält zudem Hilfestellung oder Anweisungen zur richtigen Versuchsdurchführung vom VR-System. Das VR-System kann dementsprechend interaktiv auf die Handlungen des Studierenden reagieren. Ein virtueller Versuch kann von mehreren Studierenden oder Dozent*innen in dem Raum durchgeführt werden. Die Personen


treffen sich in dem 3-D-Raum, sehen sich gegenseitig als Avatare und kommunizieren miteinander.


Ein interessanter Aspekt ist dabei, dass die in dem virtuellen Labor agierenden Personen sich an unterschiedlichen Standorten in der realen Welt befinden können. Es geht damit auch um die Gestaltung neuer Mobilitätsmuster (virtuelle und gemischte Mobilität) sowie die Verbesserung digitaler und interkultureller Kompetenzen.


Wir entwickeln zusammen mit Partner*innen aus der Chemie die notwendige VR-Umgebung und versuchen diese so als Infrastruktur zur Verfügung zu stellen, damit es Anwender*innen ohne domänenspezifisches Wissen aus dem VR-Bereich möglich ist, entsprechende Laborumgebungen aufzubauen.

Automatisches Generieren von Landschaften basierend auf Straßendaten²

Für virtuelle Simulationsumgebungen ist es häufig notwendig, weitläufige, komplexe 3-D-Landschaften zu erzeugen. Das manuelle Erstellen solcher Landschaften ist oft sehr zeitaufwendig und kostspielig. In einer Kooperation mit der dSPACE GmbH durch das Software Innovation Lab der Universität Paderborn entwickeln wir Methoden zum automatischen Erzeugen von Landschaften für Fahrsimulationen. Das Ziel ist, auf Basis der reinen Straßendaten passende, plausible Landschaften zu erzeugen, die für virtuelle Fahrsimulationen genutzt werden können.

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

 **Sascha Brandt, M.Sc.**
E-Mail: sascha.brandt@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 64 51

 ¹ Gefördert durch: Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

² Projektpartner: dSPACE GmbH, SICP – Software Innovation Campus Paderborn

Algorithms for computer graphics

Rendering of highly complex scenes in real time

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.

DigiChemLab¹

The “DigiChemLab” project aims to develop a virtual learning platform for chemical-technical education using virtual reality technology. It represents a supplementary offer for students to prepare for internships in chemical laboratories, for example. The overarching goal is the integration of digital collaboration formats in teaching and studying.



Modellierte Arbeitsumgebung
Modelled working environment


An exemplary “laboratory” use case in the technical environment looks like this: Students are to carry out an experiment in a virtual laboratory according to the instructions in their teaching materials. To do this, they enter the virtual lab with the VR headset. They interact with the 3D world with the help of two controllers that they have on their hands. With these, they can grasp and operate objects in the 3D world. For an experiment, they take the necessary devices out of cupboards, place them on the virtual work table and prepare their use. Materials are processed virtually with the devices, and experimental trials can be carried out in the virtual world. The student also receives assistance or instructions on how to conduct the experiment correctly from the VR system. Accordingly, the VR system can react interactively to the student’s actions. A virtual experiment can be carried out by several students or lecturers in the room. The persons meet in the 3D room, see each other as avatars and communicate with each other.


An interesting aspect here is that the people acting in the virtual lab can be in different locations in the real world. This is also about designing new mobility patterns (virtual and mixed mobility) and improving digital and intercultural skills.

Together with partners from chemistry, we are developing the necessary VR environment and are trying to make it available as an infrastructure so that it is possible for users without domain-specific knowledge from the VR field to set up corresponding laboratory environments.

Automatic generation of landscapes based on road data²

For virtual simulation environments, it is often necessary to create large, complex 3D landscapes. The manual creation of such landscapes is often very time consuming and expensive. In cooperation with dSPACE GmbH by the Software Innovation Lab of Paderborn University, we develop methods for automatically generating landscapes for driving simulations. The goal is to generate fitting, plausible landscapes based on raw road data that can be used for virtual driving simulations.

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

 **Sascha Brandt, M.Sc.**
E-mail: sascha.brandt@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 64 51

 ¹ Supported by: German Academic Exchange Service (DAAD)

² Project partners: dSPACE GmbH, SICP – Software Innovation Campus Paderborn

Algorithmische Spieltheorie

Einstellen und Analysieren von Wechselwirkungen

Betrachten wir zwei grundlegende Sichtweisen: Optimierung und Interaktion. Eine einzelne Partei, sei es eine Person, ein Unternehmen oder ein Staat, neigt dazu, ihre Interessen in gegebener Situation zu verfolgen, während die Welt aus mehreren interagierenden Parteien zusammengesetzt ist. Wir analysieren das Verhalten und passen die Interaktionen manchmal an, wobei wir davon ausgehen, dass jede Partei ihre Interessen optimal verfolgt.

Wir analysieren stabile Zustände von Interaktionen und verschiedene Methoden zur Beeinflussung der Interaktion, um die Akteur*innen dazu zu bringen, sich in einer gewünschten Weise zu verhalten. Ein solcher Einfluss kann aus Subventionen, Steuern oder der Kontrolle einiger der interagierenden Parteien bestehen. Darüber hinaus modellieren und untersuchen wir mithilfe von sozialen Netzwerkanalyst*innen das Netzwerkverhalten der Spieler*innen aus algorithmischer und spieltheoretischer Sicht. Schließlich befassen wir uns auch mit der Lockerung der Annahmen einiger bekannter exakter Algorithmen auf Kosten einer Annäherung an das Ergebnis, anstatt lediglich eine optimale Lösung zu finden.

Analyse von Interaktionen

Wir modellieren und untersuchen den Effizienzverlust, der durch mangelnde Koordination entsteht. Wir sind besonders an den seltenen Spielen interessiert, bei denen es keine Koordinationsverluste gibt. Wir betrachten auch andere Themen, wie z. B. die Aufteilung der Zeit der Spieler*innen auf mehrere Projekte oder die Entwicklung der geeignetsten Lösungskonzepte (Gleichgewichte) für ein bestimmtes Spiel. Im Bereich des SFB-Projekts modellieren wir verschiedene spieltheoretische Aspekte eines Software-Marktplatzes.

$I : \setminus II :$	1 :	...	$k-1$	$k :$
1 :	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\gamma_1 & \gamma_1 \end{pmatrix}$
2 :	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\gamma_2 & \gamma_2 \end{pmatrix}$
\vdots	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\gamma_i & \gamma_i \end{pmatrix}$
$m-1$:	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\gamma_{m-1} & \gamma_{m-1} \end{pmatrix}$
m :	$\begin{pmatrix} \delta_1 \\ -\delta_1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \delta_j \\ -\delta_j \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \delta_{k-1} \\ -\delta_{k-1} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Die Anpassung für zwei Spieler.
The adjustment for two players.

Subventionierende Verhaltensweisen

Betrachten wir eine Interaktion, bei der wir ein stabiles Ergebnis vorhersagen, und versuchen, die Interaktion durch Subventionen und Steuern so anzupassen, dass ein anderes Ergebnis erzielt wird. Die Subventionen und Steuern müssen sich auf null summieren, sodass der/die Organisator*in niemals zahlen


muss, und sie müssen auch fair sein und dürfen die Interaktion für keine*n Spieler*in schlechter machen als sie vorher war. Wir schlagen eine Anpassung vor, die diese Ziele erreicht und die geringstmögliche unter diesen Anpassungen ist. Wir veranschaulichen eine Anpassung in der linken Abbildung (der beigefügten Abbildung einer Matrix).

Kontrolle ausgewählter Spieler*innen

Betrachten wir ein Spiel mit mehreren Gleichgewichten (stabilen Zuständen). Unser Ziel ist es, die Spieler*innen zu motivieren und von den sozial suboptimalen Gleichgewichten zu den optimalen Gleichgewichten zu wechseln, indem wir einige Spieler*innen kontrollieren und sie dazu bringen, so zu spielen, dass das Spielen der sozial optimalen Gleichgewichte im besten Interesse der anderen ist.

Verstecken in einem Netzwerk

Man denke an Spieler*innen, die versuchen, ein Netzwerk zu infiltrieren, indem sie sich mit den wichtigsten Knotenpunkten des Netzwerks verbinden, ohne selbst aufzufallen. Dies können Terrorist*innen sein, die sich vor der Polizei verstecken, oder Dissident*innen, die sich in einer Diktatur organisieren. Wir gehen davon aus, dass ein*e Spieler*in sich mit einem/einer anderen Spieler*in verbinden kann, wenn beide eine Verbindung herstellen wollen; außerdem kann ein*e Spieler*in sich mit einem bestehenden Knotenpunkt verbinden und sogar zwei bestehende Knotenpunkte, zu denen er/sie selbst eine Verbindung aufgebaut hat, davon überzeugen, sich untereinander zu verbinden. Wir analysieren die stabilen Zustände dieser Interaktion. In der Abbildung ist eine Illustration von infiltrierenden Spieler*innen, die sich mit den bereits im Netzwerk existierenden Knoten verbinden.

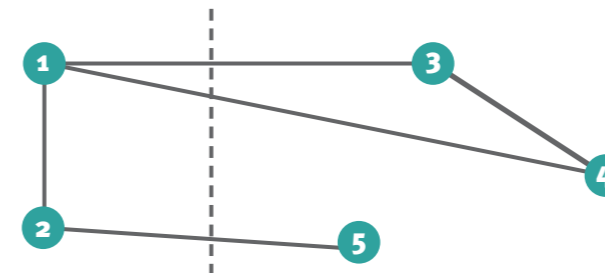
 Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy
E-Mail: gpolevoy@mail.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 64 61

Algorithmic game theory

Adjusting and analysing interactions

Consider two basic views on the world: optimisation and interaction. A single party, whether a person, company or state tends to pursue their interests given the situation, whereas the world is combined from multiple interacting parties. We analyse behaviours in such interactions, sometimes adjusting the interactions, while assuming each party optimises for their interests.

We analyse stable states of interactions and various methods to influence the interaction to make the players behave in a desired way. Such influence may consist of subsidies, taxes or controlling some of the interacting parties. In addition, we model and study the network countenance of players with social network analysts from the algorithmic and the game-theoretic points of view. Finally, we also take interest in relaxing the assumptions of some known exact algorithms at the expense of approximating the result instead of merely finding an optimum solution.



Spieler*in $N = \{1, 2\}$ und bestehende Knotenpunkte $\{3, 4, 5\}$. Die Spieler*innen verbinden sich untereinander; zusätzlich verbindet sich Spieler*in 1 mit den bestehenden Knoten 3 und 4, während Spieler*in 2 sich mit Knoten 5 verbindet. Spieler {1} verbindet notiert {3} und {4}. Players $N = \{1, 2\}$ and existing nodes $\{3, 4, 5\}$. The players connect to one another; additionally, player 1 connects to existing nodes 3 and 4, whereas player 2 connects to node 5. Player {1} interconnects noted {3} and {4}.

Analysing interactions

We model and study the efficiency loss inflicted by a lack of coordination. We are especially interested in the rare games where there is no loss from coordination. We consider other topics as well, such as players dividing their time between several projects, or designing the most appropriate solution concepts (equilibria) for a given game. In the domain of the CRC project, we model various game-theoretic aspects of a software marketplace.

Subsidising behaviours

Consider an interaction where we predict the stable outcome, and we aim to adjust the interaction by subsidising and taxing

so as to bring about another outcome. The subsidies and taxes need to sum up to zero, so that the planner will never have to pay, and they also have to be fair and never render the interaction to any player worse than it was before. We suggest an adjustment that achieves these goals, and is the lightest possible among such adjustments. We illustrate an adjustment in the left figure (the attached figure of a matrix).

Controlling selected players

Consider a game with several equilibria (stable states). We aim to motivate the players to move from the socially suboptimal equilibria to the optimum ones by means of controlling some players and making them play such that playing the socially optimum equilibria is now in the best interest of the others.

Hiding in a network

Consider players aiming to infiltrate a network by connecting to the most important hubs in the network while not becoming salient themselves. These can model terrorists hiding from the police or dissidents organising under a dictatorship. We assume a player can connect to another player if they both want to interconnect. In addition, as the player can connect to an existing node and even convince two existing nodes to which she herself has built a connection to interconnect among themselves. We analyse the stable states of this interaction. Please see an illustration of infiltrating players connecting to the nodes already existing in the network.



Jun.-Prof. Dr. Gleb Polevoy
E-mail: gpolevoy@mail.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 64 61



»» Am Institut gefällt mir die offene Atmosphäre, der interdisziplinäre Anspruch und der unbegrenzte Kaffee. ««

»» I very much like the open atmosphere at the Institute, the interdisciplinary approach and the free coffee. ««

Marten Maack

Dr. rer. nat.
Algorithmen und Komplexität

Einer der wesentlichen Aspekte, die mich zur Mathematik gebracht haben, ist ihre Universalität und Anwendbarkeit in einer Vielzahl von Kontexten. Ähnliches kann man auch über die Informatik sagen, mein Nebenfach im Studium. Zwei meiner favorisierten Themen im Studium waren Algebra und theoretische Informatik, insbesondere Algorithmen und Komplexität.

Algebra war der Fokus meines Diploms. Für meine Promotion beschloss ich aber, zu meinem zweiten Schwerpunkt zu wechseln. Algebra ist ausgesprochen schön und faszinierend, hat jedoch – so mein Eindruck – eine viel weniger greifbare Verbindung zum Rest der Welt, während die Informatik zudem mehr Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit anderen bietet.

Mein Ziel in der Forschung ist die Grundlagen der Informatik zu vertiefen und die Theorie der Algorithmen zu stärken. Als Thema meiner Dissertation haben sich Approximationsschemata für Scheduling-Probleme herauskristallisiert. Ich habe mein Diplom als auch meine Doktorarbeit an der Universität Kiel in der Nähe meines Geburtsortes absolviert. Während meiner Promotion hatte ich erfreulicherweise die Gelegenheit viel zu reisen – ich besuchte internationale Konferenzen, machte Forschungsaufenthalte in Norwegen und Israel und absolvierte ein sechsmonatiges DAAD-Stipendium in Kanada. Zudem gab es viele Kooperationsmöglichkeiten, darunter eine Arbeit, die ich mit einem Doktoranden des Heinz Nixdorf Instituts – Alexander Mäcker – schrieb. Dies war mein erster Kontakt mit dem Heinz Nixdorf Institut. Professor Friedhelm Meyer auf der Heide war in der Folge einer der Gutachter meiner Dissertation und ermutigte mich später, mich am Heinz Nixdorf Institut zu bewerben.

Seit November 2020 arbeite ich hier als Postdoktorand an Scheduling-Problemen im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 901. Mein erstes Jahr war geprägt von der Corona-Krise. Kollegen und Studierende traf ich fast ausschließlich online. Seit September verbringe ich nun mehr und mehr Zeit im Büro. Bei der Arbeit im Institut gefällt mir die offene Atmosphäre sehr gut, ebenso wie der interdisziplinäre Anspruch und unbegrenzte Kaffee. In diesem Semester halte ich zum ersten Mal eine eigene Vorlesung, was ich als eine sehr bereichernde Erfahrung empfinde.

Privat habe ich die letzten fünf Jahre fest im Griff der „Rushhour des Lebens“ verbracht: Ich habe geheiratet, wir haben zwei Kinder bekommen, und wir sind dabei herauszufinden wie und wo wir leben wollen.

Marten Maack

Dr. rer. nat.
Algorithms and Complexity

Among the main reasons that drew me to mathematics is its universality and applicability in a plethora of different contexts. The same thing essentially can be said about computer science, which I studied as my minor. Two of my favourite topics during my studies were algebra and theoretical computer science, in particular, algorithms and complexity. Algebra was the main topic of my diploma but for my doctorate I decided to switch to my second focus. I felt that algebra, while a very beautiful subject, had a much less tangible connection to the rest of the world and that working in computer science would give more opportunities to collaborate with others.

My main interest regarding the research in computer science is to better understand the nature of computation and to strengthen the theory of algorithms. By chance and inclination, the topic of my dissertation turned out to be approximation schemes for scheduling problems. I obtained my diploma and doctorate at Kiel University near my place of birth. But one of the aspects I particularly enjoyed during my doctorate is that I had the opportunity to travel a lot – visiting international conferences, going on research visits in Norway and Israel as well as completing a six-month DAAD scholarship in Canada. I also had many chances for collaborations including a paper I did with another PhD student from Heinz Nixdorf Institute – Alexander Mäcker – who also worked in scheduling. This was my first contact with Heinz Nixdorf Institute, and Professor Friedhelm Meyer auf der Heide turned out to be one of the referees of my thesis and later encouraged me to apply at Heinz Nixdorf Institute.

I started here in November 2020 working as a postdoc on scheduling problems in the context of the CRC “On-The-Fly Computing”. My first year here was shaped by the COVID-19 crisis wherein I met both coworkers and students almost exclusively online. But we made it through, and since September, I have started to spend more and more time in the office. I very much like the open atmosphere at the Institute as well as the interdisciplinary approach and the free coffee. This semester, I am giving my own lecture for the first time, which I have found to be a very rewarding experience.


Privately, I’ve spent the last five years firmly in the grip of the “rush hour of life”. I got married, we had two kids and we are in the ongoing process of figuring out how and where we want to live.

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
Telefon: +49 5251 | 60 63 50

 www.hni.upb.de/sct

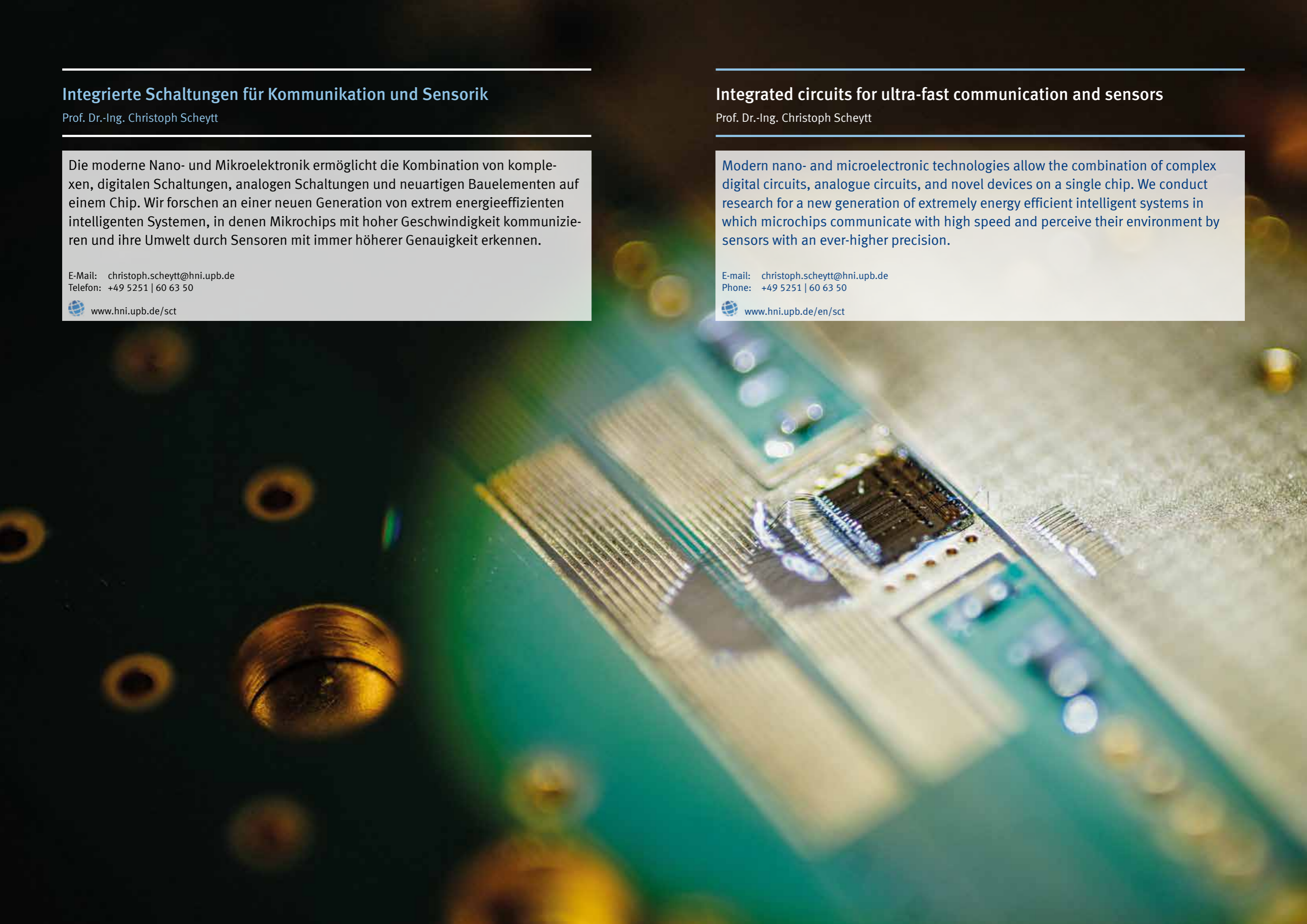
Integrated circuits for ultra-fast communication and sensors

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
Phone: +49 5251 | 60 63 50

 www.hni.upb.de/en/sct



Fachgruppe Schaltungstechnik

Der ungebrochene revolutionäre Fortschritt der Nano- und 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, Photonik) mit den Schwerpunkten Kommunikationstechnik und Sensorik.

Der Fortschritt in der Nano- und Mikroelektronik ermöglicht immer leistungsfähigere integrierte Schaltungen. Dabei geht die Entwicklung in zwei wesentliche Richtungen. Zum einen steigen durch die kontinuierliche Miniaturisierung der Transistoren Komplexität und Geschwindigkeit digitaler Schaltkreise, was zu einer starken Zunahme der Rechenleistung führt. Zum andern gelingt es seit einigen Jahren, immer neue Bauelemente auf Siliziumchips zu integrieren, wie z. B. mikromechanische Sensoren, Laser, spezielle Hochfrequenztransistoren, optische Bauelemente und biologisch aktive Schichten (Biochips). Die Möglichkeit, komplexe digitale Schaltungen mit analogen Schaltungen und neuen Bauelementen auf einem Chip zu kombinieren, erlaubt es, ganz neue integrierte Systeme zu realisieren, die ihre Umgebung über Sensoren wahrnehmen, extrem wenig Strom verbrauchen und viel schneller Daten übertragen.

Die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ befasst sich mit dem Entwurf integrierter nano- und mikroelektronischer Schaltungen auf den Gebieten der Kommunikation und der Sensorik. Die Forschungsschwerpunkte sind:

Integrierte Schaltungen zur leitungsgebundenen digitalen Kommunikation mit hohen Datenraten

Hohe Datenraten zwischen Chips (Chip-to-Chip-Kommunikation) und in der Glasfaserkommunikation erlauben Übertragungsraten von zehn 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-photonsche ICs (EPICs) in Silizium realisiert werden. Derartige Chips ermöglichen weit höhere Datenraten als die klassischen CMOS-Technologien, da sie sehr schnelle optische Verbindungen zwischen räumlich getrennten Einheiten ermöglichen, wie z. B. zwischen Prozessoren und externem Speicher in einem Rechenzentrum.

Integrierte Schaltungen für Funkkommunikation und -sensorik

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

Ein wichtiges Ziel in der Funkkommunikation ist die Gewährleistung von möglichst langen Batterielaufzeiten. Dies gilt beispielsweise für ein „zero-power“-Radio, das mit reduziertem Wartungsaufwand seine Energie ausschließlich aus der Umwelt bezieht. Eine solche energieeffiziente und wartungsarme Vernetzung ist eine wichtige Voraussetzung für intelligente IoT-Netzwerke (Internet-of-Things) der Zukunft, so wie sie auch zur Realisierung von Industrie 4.0 benötigt werden.

Entwurf digitaler Systeme

Im Bereich des Entwurfs digitaler Systeme fokussiert die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ ihre Arbeiten auf RISC-V-basierte Prozessoren, angefangen vom Aufbau und Betrieb virtueller Prototypen bis hin zum FPGA- und Standardzellen-basierten Entwurf in verschiedenen CMOS-Varianten (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 focus on communication and sensor technology with all its different aspects (digital, mixed-signal, analogue/RF and silicon photonics).

The progress of nano- and microelectronic technologies enables integrated circuits with continuously increasing capabilities. This evolution follows two main paths. On the one hand, the complexity and speed of digital circuitry is increasing by means of the miniaturisation of integrated transistors resulting in a significant increase in computing power. On the other hand, in recent years, more and more novel functions and devices have been integrated into silicon, such as micro-mechanical sensors, lasers, special high-frequency transistors, optical devices or biologically active layers (biochips). The possibility of combining complex digital processors with analogue circuitry and novel functions on one chip allows the realisation of a new generation of integrated systems. They allow the perception of the environment via sensors, dissipation of very little power and a much faster data transmission.

The “System and Circuit Technology” workgroup conducts research in the area of integrated nano-/microelectronic circuits for communication and sensors with focus on the following topics:

Integrated circuits for high data rate wireline communication

In fibre optic communications and communication between microchips (Chip-2-Chip communication), it is possible to achieve line rates between ten and more than 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.

Integrated circuits for wireless communication and sensors

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

An important objective in wireless communication is to achieve an as long as possible lifetime of the battery. For example, this is required by a temperature sensor, which reports the radiator temperature to a central wireless metering unit. It is expected that future concepts in wireless communication and ultra-low power wireless radios will allow battery lifetimes of ten years and even longer. Moreover, a “zero-power-radio” could also run on ultra-low power energy harvesting technologies, which takes the energy entirely from the environment. Such interconnected energy-efficient nodes with a minimum of maintenance and energy dissipation are the main building blocks for future intelligent IoT (Internet-of-Things) networks, as they are required to implement “Industrie 4.0”.

Digital systems designs

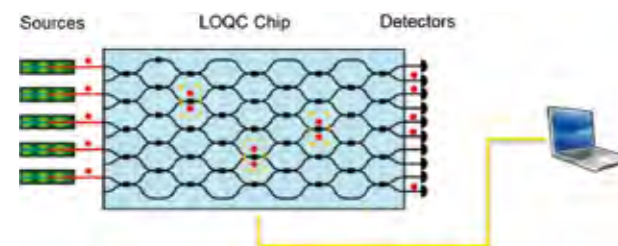
For digital circuit design the “System and Circuit Technology” workgroup focus on different variants of RISC-V based processor platforms. A wide spectrum covers multiple abstraction levels and range from virtual prototyping to FPGA and standard cell based designs for different CMOS variants (130 nm, 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 special safety critical and high reliable processors.

Einzelphotonenquelle für photonische Quantencomputer

Miniaturisiertes elektro-photonisches System generiert einzelne Photonen mit hoher Taktrate

Einzelphotonenquellen sind Schlüsselkomponenten für künftige photonische Quantencomputer. Unter Verwendung von nanophotonischen Chips in Lithium-Niobat-auf-Isolator (LNOI)-Technologie und elektronischen Hochfrequenzchips in CMOS-Technologie soll eine neuartige, miniaturisierte Einzelphotonenquelle entwickelt werden. Die Arbeiten werden zusammen mit dem Lehrstuhl für Integrierte Quantenoptik (Professorin Christine Silberhorn) durchgeführt.

In photonischen Quantencomputern werden die Quantenzustände einzelner Photonen manipuliert und für Rechenoperationen verwendet. In einem solchen Quantenprozessor stellt ein einzelnes Photon ein Quantenbit („Qubit“) dar, wobei die Information in den Quantenzuständen des Photons codiert ist. Parallele Einzelphotonenquellen erzeugen synchron einzelne Photonen mit einer bestimmten Taktrate. Diese Photonen interagieren miteinander in einem programmierbaren optischen Prozessorchip (Linear Optical Quantum Computing, LOQC). Das Ergebnis der Quantenoperationen wird schließlich mit parallelen optischen Einzelphotonen-Detektoren ausgelesen.



Vereinfachtes Blockschaltbild eines zukünftigen photonischen Quantencomputers auf Basis von photonischen integrierten Schaltungen. Simplified block diagram of a future photonic quantum computer using photonic integration.

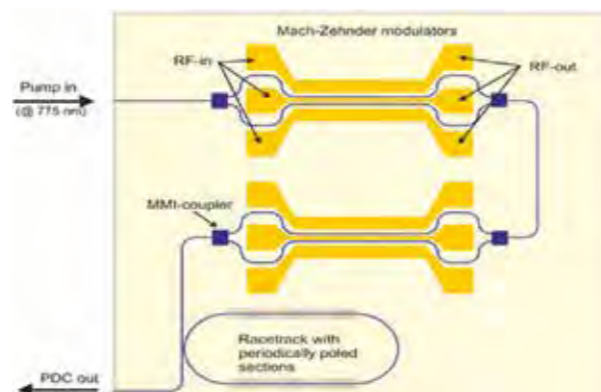
Photonische Quantencomputer werden derzeit noch in diskreter Optik in großen Versuchsaufbauten realisiert, die ganze Labore füllen. In Zukunft müssen Quantenoperationen mit hochintegrierten photonischen Chips statt mit diskreten Optiken realisiert werden, was den Weg zu kompakten, robusten und skalierbaren Quantencomputern mit Dutzenden bis Hunderten von Qubits eröffnet. Miniaturisierte Einzelphotonenquellen mit hoher Wiederholrate und integrierte photonische Chips für den LOQC stellen daher Schlüsselkomponenten für künftige photonische Quantencomputer dar.

Erzeugung einzelner Photonen

Bei einer Photonenpaarquelle in LNOI-Technologie wird ein konstantes Lasersignal mit einer Wellenlänge von 775 nm zwei schnellen elektro-optischen Modulatoren (Mach-Zehnder-Modulatoren) zugeführt, die aus dem konstanten optischen



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



Konzept eines LNOI-Chips, der schnelle Mach-Zehnder-Modulatoren und einen Ringresonator mit periodisch gepolten Abschnitten für die Photonenpaar-Erzeugung mittels parametrischer Fluoreszenz integriert. Concept of an LNOI chip integrating high-speed Mach-Zehnder modulators and periodic poled racetrack for two-photon generation using parametric downconversion.

Signal ein gepulstes optisches Signal erzeugen. Die optischen Pulse werden einer ringförmigen Resonatorstruktur zugeführt. Der Ring enthält periodisch gepolte Lichtwellenleiterabschnitte, die die Erzeugung von Photonenpaaren in einem nichtlinearen optischen Prozess, der „parametrischen Fluoreszenz“, ermöglichen. Dadurch werden Photonenpaare bei 1.550 nm erzeugt, von denen je ein Photon als Triggerphoton und das andere als Einzelphotonen-Qubit verwendet wird.

Ultrakompakte Einzelphotonenquelle

Im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereichs „Tailored Nonlinear Photonics“ (TRR142) werden Einzelphotonenquellen entwickelt, welche als LNOI-Chip zusammen mit Hochgeschwindigkeits-CMOS-Treiberchips für die Mach-Zehnder-Modulatoren realisiert werden. Das gesamte System ist sehr kompakt geplant (10 mm x 10 mm) und strebt eine Photonenrate von etwa 100 MHz an.

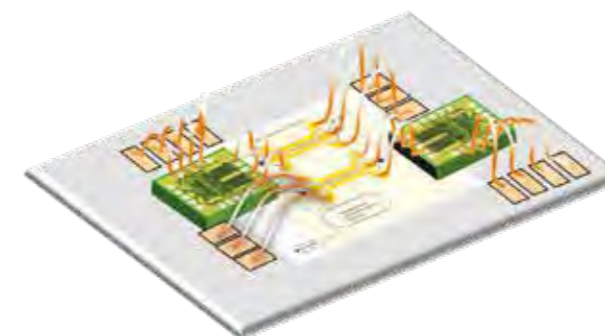
Single-photon source for photonic quantum computing

Miniaturised electronic-photonic system enables the generation of single photons at a high clock rate

Single-photon sources are key components for future photonic quantum computers. A novel, miniaturised single-photon source will be developed using nanophotonic chips in Lithium-Niobate-On-Insulator (LNOI) technology and electronic high-frequency chips in CMOS technology. The work is carried out in cooperation with the chair for Integrated Quantum Optics (Professor Christine Silberhorn).

Photonic quantum computer

In photonic quantum computers, the quantum states of individual photons are manipulated and used for quantum computation. In such a quantum processor, a single photon represents a quantum bit (“Qubit“) whereby the information is encoded in the possible quantum states of the photon. Parallel single photon sources synchronously generate single photons at a certain clock rate. These photons are interacting with each other in a programmable optical processor chip (Linear Optical Quantum Computing, LOQC). The result of the quantum operations is finally read out with parallel optical single-photon detectors.



LNOI-Chip mit CMOS-Treiber-Chips.
LNOI chip with CMOS driver chips.

Photonic quantum computers are currently still realised in discrete optics in large experimental setups filling entire laboratories. In the future, quantum operations will need to be realised using highly integrated photonic chips instead of discrete optics, opening the way to compact, robust and scalable quantum computers with tens to hundreds of qubits. Hence, miniaturised single-photon sources with high repetition rate and integrated photonic chips for the LOQC represent key components of future photonic quantum computers.

Single-photon generation

For photon pair generation in LNOI technology a continuous-wave laser signal at a wavelength of 775 nm is fed to two high-speed electro-optic modulators (Mach-Zehnder modulators)

which are used to generate pulsed laser light. The optical pulses are fed to a ring-shaped racetrack. The racetrack contains periodically poled optical waveguide sections which allow you to generate photon pairs in a nonlinear optical process called “parametric downconversion“. As a consequence, photon pairs at 1,550 nm are generated of which one photon will be used as a trigger photon and the other as a single-photon qubit.

Ultra-compact single-photon source

In the DFG collaborative research centre, “Tailored Nonlinear Photonics“ (TRR142) and an LNOI chip together with high-speed CMOS driver chips for the Mach-Zehnder modulators will be developed. The whole system will be very compact (10 mm*10 mm) with a target photon rate of around 100 MHz.



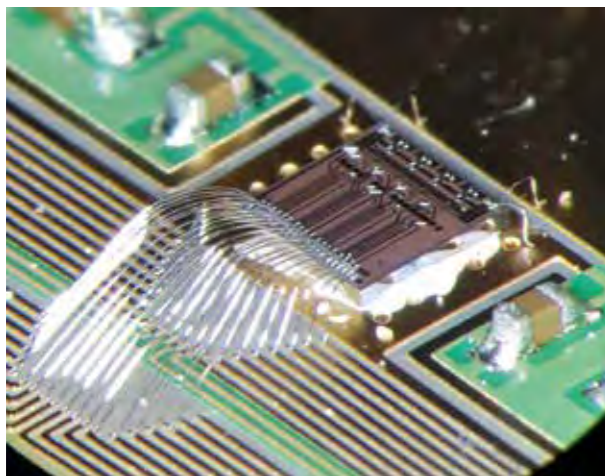
Christian Kress, M.Sc.
E-mail: kressc@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 63 37

Integrierte elektronisch-photonische Analog-Digital-Wandler

A/D-Wandler jenseits von 100 GHz Bandbreite und 7-Bit-Auflösung

Die Analog-Digital-Wandlung ist eine Schlüsseltechnologie unserer modernen Gesellschaft. Sie ist überall dort notwendig, wo Informationen digital übertragen werden. Der jährlich steigende Bedarf für höhere Datenraten erzeugt eine Nachfrage nach schnellen, effizienten und günstigen Systemen. In Silizium-Photonik integrierte elektronisch-photonische Analog-Digital-Wandler könnten in Zukunft diese Eigenschaften vereinen.

Siliziumbasierte Analog-Digital-Wandler (engl. analog-to-digital converters, ADCs), die mit Abstraten im zweistelligen GHz-Bereich arbeiten, sind heute Stand der Technik. Obwohl diese Wandler heute mit noch nie dagewesenen Abstraten arbeiten, verbessern sich die Auflösung und die Analogbandbreite nur langsam. Ein wesentlicher Hindernisfaktor für die weitere Verbesserung von Bandbreite und Auflösung ist das Rauschen des Taktsignals, d. h. die zeitliche Unsicherheit der



4-kanaliger optischer Heterodyn-Empfänger mit Wirebonds zur Regelung der optischen Filter
4-channel optical heterodyne receiver with wirebonds to control the optical filters


Abtastung. Gegenüber elektronischen Taktquellen zeigen ultrastabile moden-gekoppelte Laserquellen (mode-locked-lasers, MLLs) schon heute eine zeitliche Unsicherheit von nur wenigen Atto-Sekunden (10^{-18} s, 1 s/1.000 Billionen). Würde man diese Quellen als Referenz für die Abtastung verwenden, könnte man die Leistungsfähigkeit moderner ADCs um mehrere Größenordnungen verbessern. Obwohl hier natürlich noch andere Degradationseffekte eine Rolle spielen werden, wird eine signifikante Reduktion des Takt-Rauschens einen wesentlichen Fortschritt im Stand der Technik ermöglichen.


Das PACE-Projekt

In dem von der DFG geförderten Projekt „Ultrabreitbandiger Photonisch-Elektronischer Analog-Digital-Wandler“ (PACE, 403188360) forschen die Universität Paderborn/Heinz Nixdorf Institut zusammen mit ihren Projektpartner*innen, der RWTH Aachen, dem Karlsruher Institut für Technologie und DESY/Universität Hamburg an integrierten photonisch unterstützten ADCs. Verwendet wird eine aktuelle Silizium-Photonik Technologie, die die Herstellung von EPICs (Electronic Photonic Integrated Circuits) ermöglicht. Sowohl optische als auch elektronische Komponenten werden hierbei zusammen auf einem Chip integriert. Neben der Schaltungstechnik, die hier in Paderborn entwickelt wird, beschäftigen sich die Projektpartner*innen auch mit der Chip-Integration von rauscharmen moden-gekoppelten Lasern.

Die erste Phase des Projekts ist bereits erfolgreich abgeschlossen. Die Forscher*innen haben Teilkomponenten für zwei unterschiedliche ADC-Architekturen entwickelt, unter anderem eine optisch getriggerte Abtast-Schaltung mit mehr als 5-Bit-Auflösung über die gesamte Bandbreite von 65 GHz, was für diese Architektur den bisherigen Stand der Technik übertrifft. Des Weiteren wurde auch ein 4-kanaliger optischer Empfänger mit einer Bandbreite von ca. 30 GHz pro Kanal gefertigt. Damit lassen sich in Zukunft hochauflösende ADCs mit mehr als 100 GHz Bandbreite realisieren.

In der zweiten Phase des Projektes sollen die Teilkomponenten zu einem vollständigen ADC-System zusammengesetzt und zwei Demonstratoren aufgebaut werden.

 **Maxim Weizel, M.Sc.**
E-Mail: mweizel@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 41

 Gefördert durch: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Integrated electronic-photonic analogue-to-digital-converters

A/D converters beyond 100 GHz bandwidth and 7-bit resolution

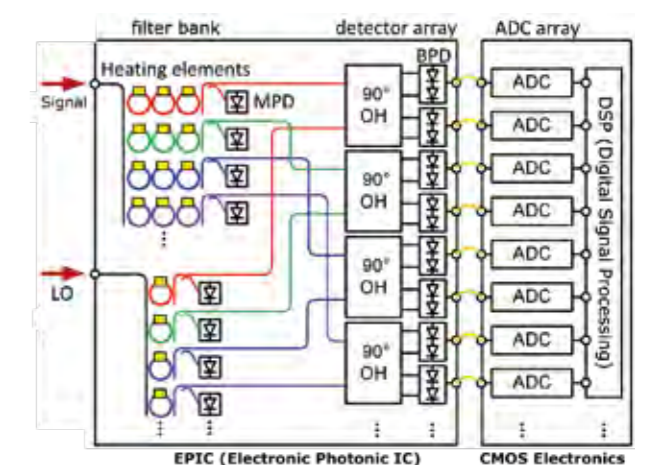
Analogue-to-digital conversion is a key technology in our modern society. It is necessary wherever information is transmitted digitally. The annually increasing requirements for higher data rates create a demand for fast, efficient and low-priced systems. Electronic-photonic analogue-to-digital-converters (ADCs) integrated in silicon photonics could combine all these properties in the future.

Silicon-based analogue-to-digital converters operating at double-digit GHz sampling rates are state of the art today. Although these converters now operate at unprecedented sampling rates, resolution and analogue bandwidth are improving only slowly. A major limiting factor to further improvement in bandwidth and resolution is the noise of the clock signal, i.e. the temporal uncertainty of the sampling process. Compared to electronic clock sources, ultra-stable mode-locked lasers (MLLs) already show a temporal uncertainty of only a few attoseconds (10^{-18} s, 1 s/1,000 quadrillion). If these sources were used as a reference for signal-sampling, the performance of modern ADCs could be improved by several orders of magnitude. Although other degradation effects will obviously play a role here, a significant reduction in clock noise will enable a major improvement in the state of the art.

The PACE project


In the DFG-funded project “Ultrawideband Photonic Electronic Analogue-to-Digital Converter” (PACE, 403188360), the Paderborn University/Heinz Nixdorf Institute together with its project partners, RWTH Aachen University, Karlsruhe Institute of Technology and DESY/University Hamburg are investigating integrated photonically-assisted ADCs. For fabrication, a modern silicon photonics technology, which enables the production of EPICs (Electronic Photonic Integrated Circuits) is used. This means optical as well as electronic components are integrated together on the same chip. In addition to the electronic circuits developed here in Paderborn, the project partners are also working on the chip integration of low-noise mode-locked lasers.

The first phase of the project is already successfully completed. The researchers have developed subcomponents for two different ADC architectures. Among them is an optically triggered sampling circuit with more than 5-bit resolution over the entire bandwidth of 65 GHz, which surpasses the prior state of the art for this architecture. Furthermore, a 4-channel optical receiver with a bandwidth of approx. 30 GHz per channel was manufactured. This will make it possible to implement high-resolution ADCs with a bandwidth of more than 100 GHz in the future.



LO: Local Oscillator | MPD: Monitoring Photodiode
BPD: Balanced Photodiode | OH: Optical Hybrid
Blockdiagramm 4-kanaliger Empfänger: Die Ringe repräsentieren die optischen Filter, und die unterschiedlichen Farben stehen für unterschiedliche Frequenzbänder.
Block diagram of 4-channel receiver: The rings represent the optical filters and the colouring marks the different frequency bands.

In the second phase of the project, the developed subcomponents will be assembled into a complete ADC system and two demonstrators will be built.

 **Maxim Weizel, M.Sc.**
E-mail: mweizel@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 62 41

 Supported by: German Research Foundation

Zukunftsfähige RISC-V-Spezialprozessoren

Forschung im Rahmen des Scale4Edge-Projekts

RISC-V bezeichnet eine neue Generation von RISC-basierten (Reduced Instruction Set Computer) Prozessoren, welche 2010 als quelloffene und lizenzfreie Befehlssatzarchitektur initiiert wurde und mittlerweile auch für kommerzielle Anwendungen weltweit große Beachtung findet. Seit 2017 konzentriert sich die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ im digitalen Entwurf auf RISC-V-Prozessoren.

Das Scale4Edge-Projekt

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts Scale4Edge (Skalierbare Infrastruktur für Edge-Computing) erforscht die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ seit 2020 mit 18 anderen renommierten deutschen Universitäten, Instituten und Industriepartner*innen unter Koordination der Infineon Technologies AG den Entwurf zukunftsfähiger Spezialprozessoren. Scale4Edge entwickelt ein Ökosystem für eine RISC-V-basierte, skalierbare und flexibel erweiterbare Edge-Computing-Plattform. Das Ökosystem deckt alle essenziellen Hardware- und Software-Aspekte wie Low-Power, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verifikation, Test, Compiler, Software- Bibliotheken und Debugging, ergänzt durch Spezifikation, Verifikationsplan und Dokumentation, ab. Hierzu gehören auch standardkonforme Hardware-Entwurfsprozesse, teilweise quelloffene Software Development Kits (SDKs) und die Sicherheit (Safety, Security) der Plattform sowie eine intensive Überprüfung und Analyse der Entwicklungen.

RISC-V-Prozessoren

Die Arbeiten der Universität Paderborn konzentrierten sich im Scale4Edge-Projekt auf den Entwurf und Test von zuverlässigen RISC-V-Prozessoren und auf die Entwurfsautomatisierung für 22 nm- und 130 nm-CMOS Chips. In Kooperation mit der Robert Bosch GmbH, der MINRES Technologies GmbH und der Eberhard Karls Universität Tübingen führte die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ den physikalischen Chipentwurf mit der Entwicklung und Integration von Makrokomponenten bis hin zum fertigen Chip durch. Als Basis für einen ersten Entwurf diente hier die PULPissimo-Plattform der ETH Zürich, in die ein im Projekt entwickelter RISC-V-Prozessorkern von MINRES mit 64 kB Speicher integriert wurde. Der Entwurf wurde auf einer Fläche von 1,25 mm x 1,25 mm mit dem 22 nm 22FDX-Prozess implementiert und von Global Foundries in Dresden gefertigt.

Mit der ARQUIMEA DEUTSCHLAND GmbH und der IHP GmbH (beide Frankfurt/Oder) entwickelte die Fachgruppe „Schaltungstechnik“ Komponenten für zuverlässige RISC-V-basierte Prozessoren in einer IHP130 nm-Technologie und adaptierte



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

die frei verfügbare RISC-V- PULPissimo-Plattform mit dem RI5CY-Prozessorkern an zuverlässigkeitsspezifische Anforderungen. In diesem Rahmen werden auch Hochfrequenz-Komponenten zur Clock- und Data-Recovery für ultraschnelle serielle Datentransfers erforscht.

Schnelle Fehlersimulationen mit QEMU

Ergänzende Forschungsarbeiten befassen sich mit der Entwicklung von neuen Konzepten zur automatischen Generierung von Software-Programmen mit hoher Fehlerüberdeckung zum Hardwaretest von RISC-V-Prozessoren. Hier wird auf Basis des QEMU-CPU-Emulators zzt. eine möglichst genaue Fehlerüberdeckungsanalyse relevanter Funktionseinheiten entwickelt. Aufgrund dieser werden dann Fehlersimulationen durchgeführt, um die Propagierung von Fehlern zu analysieren. Mit dem Nachteil der eingeschränkten Genauigkeit bringen hier virtuelle Prototypen den enormen Vorteil von sehr schnellen Ausführungsgeschwindigkeiten von bis zu 50 MIPS (Millionen Instruktionen pro Sekunde). Der Forschungsgegenstand ist hier, eine möglichst bit-genaue Abbildung und Nachverfolgbarkeit von funktionalen Hardwareeinheiten und Registerstrukturen in den Hardwaremodellen bis hin zum Chiplayout zu ermöglichen.

Specialised RISC-V processors for the future

Research in the Scale4Edge project



RISC-V stands for a new generation of RISC-based (Reduced Instruction Set Computer) processors, which was initiated in 2010 as an open-source and licence-free instruction set architecture and is now attracting a great deal of attention worldwide for commercial applications. Since 2017, the “System and Circuit Technology” workgroup has been focusing on RISC-V processors in digital design.

The Scale4Edge project

In the context of the BMBF funded Scale4Edge (Scalable Infrastructure for Edge Computing) project, the “System and Circuit Technology” 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. Scale4Edge is developing an ecosystem for a RISC-V-based scalable and flexibly expandable edge computing platform. The ecosystem covers all the essential hardware and software aspects such as low-power, security, reliability, verification, 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 also the safety (security) of the platform as well as an intensive review and analysis of the developments.

RISC-V processors

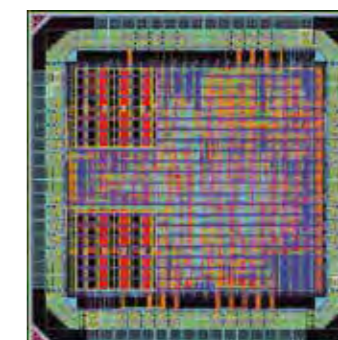
The work of Paderborn University in the Scale4Edge project focused on the design and test of reliable RISC-V processors and on design automation for 22 nm and 130 nm CMOS chips. In cooperation with Robert Bosch GmbH, MINRES Technologies GmbH and the Eberhard Karls University of Tübingen, the “System and Circuit Technology” workgroup carried out the physical chip design with the development and integration of macro components until chip manufacturing and test. The PULPissimo platform from ETH Zurich served as the basis for an initial design here, in which a RISC-V processor core from MINRES with 64kB of memory developed in the project was integrated. The design was implemented on a 1.25 mm x 1.25 mm area using the 22 nm 22FDX process and manufactured by Global Foundries in Dresden.

Together with ARQUIMEA DEUTSCHLAND GmbH and IHP GmbH (both Frankfurt/Oder), the workgroup also developed components for reliable RISC-V based processors in a radiation-hardened IHP130 nm technology and adapted the freely available RISC-V PULPissimo platform with the RI5CY processor core to reliability specific requirements. Within this framework, high-

frequency components for clock and data recovery for ultra-fast serial data transfers are also being researched.

Fast QEMU fault simulation

Complementary research considers the development of new concepts for the automatic generation of software programs with high fault coverage for hardware testing of RISC-V processors. Here, based on the QEMU CPU emulator, an as accurate as possible fault coverage analysis of the relevant functional units that is currently being investigated. Based on this, fault simulations are then performed to analyse the propagation of faults. With the disadvantage of limited accuracy, virtual prototypes here bring the enormous advantage of very fast execution speeds of up to 50MIPS (Million Instructions Per Second). The main objective is to achieve a most bit-accurate mapping and traceability of functional hardware units and register structures to hardware models and chip layout.



22FDX-Layout des RISC-V-Prozessors mit Scale4Edge-Prozessorkern und 2x 32kB Speicher
22FDX-Layout of the RISC-V processors with Scale4Edge core and 2x 32kB memory



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



»» Schaltungstechnik ist ein Abenteuer,
von der Idee bis zu den gewünschten Messergebnissen. ««

»» Circuit design is an adventure,
from idea to the desired measurement results. ««

Saeed Farkhondehkhoy Fard

M.Sc.
Schaltungstechnik

Mein Name ist Saeed Farkhondehkhoy Fard. Seit März 2021 bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter im Heinz Nixdorf Institut in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“. Hier arbeite ich bereits seit August 2017, damals zunächst als wissenschaftliche Hilfskraft.

Ich habe mein Bachelorstudium im Studiengang „Telekommunikationstechnik“ mit dem Schwerpunkt „Übertragung“ in Qazvin im Iran absolviert. Während meines Bachelorstudiums habe ich mich auf die Themengebiete Schaltungstechnik und Nachrichtentechnik konzentriert. Viel früher als gedacht, weckten diese Themengebiete mein Interesse. Deswegen habe ich mich entschieden, nach dem Abschluss des Bachelorstudiums in Deutschland weiterzustudieren, um mich weiteren Herausforderungen zu stellen.

Im 3. Semester meines Masterstudiums an der Universität Paderborn fing ich an, als wissenschaftliche Hilfskraft bei der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ zu arbeiten. Vor meinem Masterstudium war ich in den Projekten: „Kommunikation mit sichtbarem Licht für Automotive-Bereich“, „Wake-up-Empfänger unter Verwendung eines SAW-Korrelators“, „Optoelektronischer Frequenzsynthesizer mit Mode-Locked-Laser als Taktquelle“ in der Fachgruppe „Schaltungstechnik“ beteiligt. Das zeigte mir neue Perspektiven innerhalb meines Studiums auf.

Nach all diesen Erfahrungen bin ich schließlich zum Thema meiner Masterarbeit und nun meines Promotionsthemas gekommen: „Die Entwicklung eines kontinuierlich abstimmbaren Frequenzsynthesizers mit Mode-Locked-Laser als Taktquelle“. Genauer geht es in meiner Forschung um einen Frequenzsynthesizer, der im Vergleich mit derzeitigen elektronischen Frequenzsynthesizern ein sehr niedriges Phasenrauschen aufweist.

Ich wohne mit meiner Frau in Wewer. Dort gibt es viele schmale Waldpfade und schöne Aussichten. Als Ausgleich zum Arbeitsalltag gehe ich hier gern mit meiner Frau spazieren.

Saeed Farkhondehkhoy Fard

M.Sc.
System and Circuit Technology

My name is Saeed Farkhondehkhoy Fard. Since March 2021, I have been a research assistant at the Heinz Nixdorf Institute in the “System and Circuit Technology” workgroup. I have already been working there since August 2017, first as a “Research Assistant with a bachelor’s degree”.

I completed my bachelor’s degree in “Telecommunications Engineering” with a focus on “Transmission” in Qazvin, Iran. During my bachelor’s degree studies, I focused on the topics of circuit engineering and communications engineering. Much earlier than I thought, these subjects caught my interest. That’s why I decided to continue my studies in Germany after finishing my bachelor’s degree in order to face further challenges.

In the 3rd semester of my master’s degree studies at Paderborn University, I started to work as a research assistant at the “System and Circuit Technology” workgroup at the Heinz Nixdorf Institute. Before my master’s degree studies, I worked as a student worker in the projects: “Communication with visible light for automotive applications”, “Wake-up receiver using a SAW correlator”, “Optoelectronic frequency synthesizer with mode-locked laser as a clock source” at the “System and Circuit Technology” workgroup, which showed me new perspectives on my own studies.

After all these experiences, I finally came to the topic of my master’s degree thesis and now my doctoral thesis: “Development of a continuously tunable frequency synthesizer with mode-locked laser as a clock source”. More precisely, my research is about a frequency synthesizer that has very low phase noise compared to the current electronic frequency synthesizers.


I live together with my wife in Wewer. There are many narrow forest paths and beautiful views. As a balance to my working days, I go on walks with my wife.

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
Telefon: +49 52 51 | 60 62 76

 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 modelling and simulation in the design process is of vital importance in the development of intelligent mechatronic products.

E-mail: ansgar.traechtler@rtm.upb.de
Phone: +49 52 51 | 60 62 76

 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.

Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen für hochautomatisiertes Fahren

Für künftige automatische Fahrfunktionen höherer Level ist es notwendig, dass die Umfellsensorik als Teilkomponente möglichst robust gegenüber äußeren Störungen wie Witterungseinflüssen ist. Im Projekt rosshaf werden daher gängige Sensortypen selbstfahrender Fahrzeuge modelliert und simulativ auf die Robustheit gegen derartige Einflüsse erprobt. Ziel ist die Ableitung möglicher Maßnahmen zur Erhöhung der Robustheit.

Automatisierte Fahrfunktionen sind auf dem Vormarsch in den Alltag und bilden bis SAE-Level 3 bereits heute den Stand der Technik. Dieses Level erfordert jedoch noch immer eine dauerhafte Aufmerksamkeit und zeitnahe Eingriffsmöglichkeit des Fahrers, da heutige Systeme noch keine ausreichende Robustheit aufweisen, um in jeder Situation die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit zu garantieren. Hierbei ist besonders die Umfellsensorik von bedeutender Wichtigkeit, denn diese erfüllt die Aufgabe der Erkennung von Objekten außerhalb des Fahrzeugs und bildet damit die Grundlage des automatisierten Fahrens. Die vielfältigen Situationen und Rahmenbedingungen des Straßenverkehrs stellen in diesem Kontext eine große Herausforderung für die Umfellsensorik dar – dies gilt vor allem bei erschwerten Witterungsverhältnissen oder beeinträchtigten Sensoren (z. B. durch Verschmutzung).





Im Projekt rosshaf sollen Maßnahmen zur Robustheitssteigerung von Sensoren in autonomen Fahrzeugen erarbeitet werden.
In the rosshaf project, the aim is to develop methods for increasing the robustness of sensors in autonomous vehicles.


In dem durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Gemeinschaftsprojekt „rosshaf“ sollen diese Herausforderungen angenommen werden, um ein vollautomatisiertes Fahren in allen Situationen zu ermöglichen. Im Projekt wird zu diesem Zweck eine Simulationsumgebung für die Umfellsensorik entwickelt, die im Automobil typische Sensor-konzepte, bestehend aus bspw. Kamera-, LIDAR-, RADAR- und Ultraschall-Sensoren berücksichtigt und simulativ abbildet. Darüber hinaus ist eine Validierung anhand realer Messdaten vorgesehen. Im Projekt wird besonderes Augenmerk auf die

simulative Abbildung verschiedener Witterungsbedingungen sowie deren Effekte auf die Sensortypen gelegt. Das Projekt hebt sich somit deutlich von anderen Forschungsvorhaben in diesem Gebiet ab. Mit den umfangreichen Simulationsmöglichkeiten ergibt sich eine wesentlich größere Testabdeckung der Sensoren bei der Entwicklung, wodurch sich konsequenterweise der Aufwand reduziert.

Die Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“ ist für zwei Themengebiete des Projekts schwerpunktmäßig verantwortlich. Zum einen sollen die zuvor genannten Sensortypen sowie deren Beeinflussung durch verschiedene Witterungseinflüsse modelliert werden. Zum anderen soll die dazu entwickelte Simulationsumgebung geeignete Analysewerkzeuge zur Ableitung möglicher Maßnahmen zur Steigerung der Robustheit bieten. Hierzu zählen zum Beispiel eine Umplatzierung der Sensorik am Fahrzeug, die Einführung redundanter Sensorik oder die Unterstützung der Sensorik durch fahrzeugeigene Aktorik (bspw. Scheinwerfer). Die möglichen Maßnahmen können dann in den Entwicklungsprozess integriert werden und dafür sorgen, dass die SAE-Level 4 und 5 sensortechnisch künftig erreicht werden können.

 **Sven Mertin, M.Sc.**
E-Mail: sven.mertin@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 63 20

 **Leon Bussemaß, M.Sc.**
E-Mail: leon.bussemass@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 63 18

 Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Projektträger: Jülich
Projektpartner: dSPACE GmbH, Fraunhofer IEM, HELLA GmbH & Co. KGaA, RTB GmbH & Co. KG, Smart Mechatronics GmbH

Robustness of sensor systems against environmental conditions for highly automated driving


For future automatic driving functions of higher levels, it is necessary that the environment sensor technology as a subcomponent is as robust as possible against external disturbances such as weather influences. In the rosshaf project, typical sensor types of self-driving vehicles are, therefore, modelled and tested simulatively for robustness against such influences. The aim is to derive possible measures for increasing robustness.


Automated driving functions are on the advance in everyday life and are already state of the art up to SAE level 3. However, this level still requires constant attention and immediate intervention by the driver, as today's systems are not yet sufficiently robust to provide full functionality in any situation. In this context, environmental sensor technology is of particular importance, as it performs the task of detecting objects outside the vehicle and thus forms the basis of automated driving. In this context, the diverse situations and general conditions of road traffic pose a great challenge for environmental sensor technology, especially when weather conditions are difficult or sensors are impaired (e.g. by dirt).


In the collaborative project rosshaf, funded by the Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy), these challenges are to be addressed in order to enable fully automated driving in all situations. To this end, the project is developing a simulation platform for environmental sensors which takes into account and simulates typical sensor concepts in automobiles, such as camera, LIDAR, RADAR and ultrasonic sensors. In addition, validation using real measurement data is planned. The project pays special attention to the simulative reproduction of different weather conditions as well as their effects on the sensor types and thus clearly stands out from other research projects in this field. With the extensive simulation possibilities, a substantially larger test coverage of the sensors results during the development, whereby consequently the effort is reduced for this.

The “Control Engineering and Mechatronics” workgroup is responsible for two main topics of the project. On the one hand, the aforementioned sensor types and their influence by various weather conditions are to be modelled. On the other hand, the simulation environment developed for this purpose is to provide suitable analysis tools for deriving possible measures to increase robustness. These include, for example, repositioning the sensors on the vehicle, introducing redundant sensors or supporting the sensors with the vehicle's own

actuators (e.g. headlights). The possible measures can then be integrated into the development process and ensure that SAE levels 4 and 5 can be achieved in the future in terms of sensor technology.

 **Sven Mertin, M.Sc.**
E-mail: sven.mertin@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 63 20

 **Leon Bussemaß, M.Sc.**
E-mail: leon.bussemass@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 63 18

 Supported by: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
Project management: Jülich
Project partners: dSPACE GmbH, Fraunhofer IEM, HELLA GmbH & Co. KGaA, RTB GmbH & Co. KG, Smart Mechatronics GmbH

Verkehrsoptimierung für autonome und konventionelle Fahrzeuge

Projekt TraCMAS – Traffic Control for Mixed Autonomy Systems

Das Ziel des Projekts TraCMAS ist 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. Auf diese Weise können Wartezeiten reduziert und Schadstoffemissionen gemindert werden.

Die Einführung autonomer Fahrzeuge bietet große Potenziale für die Verkehrssysteme der Zukunft. Einerseits können sie aufgrund ihrer Umgebungssensoren wertvolle Informationen über das lokale Verkehrsbild in ihrem unmittelbaren Umfeld liefern. Andererseits ist durch sie eine direkte Einflussnahme auf das Verkehrsgeschehen möglich, z. B. in Form von Routen- oder Geschwindigkeitsvorgaben. Auf diese Weise kann selbst ein geringer Anteil autonomer Fahrzeuge einen signifikanten



Modellierung des Straßennetzes von Paderborn.
Modelling the road network of Paderborn.

Einfluss auf den Verkehrsfluss haben. Im Rahmen des Projekts TraCMAS soll daher modellbasiert ein Verkehrsleitsystem entwickelt werden, welches auf diesen Potenzialen aufbaut und sie mit Ansätzen der Verkehrsführung durch LSA verbindet.


In einem ersten Schritt wird dazu ein Simulationsmodell für Mischverkehr aus konventionellen und autonomen Fahrzeugen am Beispiel der Paderborner Verkehrsinfrastruktur entwickelt. Diese beinhaltet sowohl das Straßennetz und die verfügbaren LSA als auch stationäre Zusatzsensoren an ausgewählten Straßenabschnitten. Ein zentraler Aspekt ist die Nachbildung eines realistischen Verkehrsaufkommens. Hierzu wird der Mobilitätsbedarf unter anderem anhand statistischer Daten Paderborns, des Straßennetzes, der Lage von Wohn- und Industriegebieten sowie von Schulen bestimmt. Zusammen mit realen Verkehrsdaten der Stadt Paderborn wird dazu aktuell eine Methode zur


Routengenerierung entwickelt. Das so entstandene Verkehrsmodell bildet anschließend die Grundlage für weitere Untersuchungen und nimmt die Rolle des realen Verkehrssystems ein.

Zur Regelung eines solchen System ist es zunächst erforderlich, ein hinreichend genaues Bild der Verkehrssituation mithilfe der verfügbaren Datenquellen zu erlangen. Dazu werden in einem nächsten Schritt die virtuellen Sensoren, die autonomen Fahrzeuge sowie simulierte Open-Data-Quellen verwendet, um die Verkehrssituation des Referenzmodells in einem Beobachtermodell zu rekonstruieren und fortlaufend zu aktualisieren.

Auf Basis dieser Informationslage soll schließlich durch drei koordinierte Eingriffsmöglichkeiten Einfluss auf den Verkehr genommen werden: Zunächst werden autonome Fahrzeuge zur Umsetzung von dynamischen Richtgeschwindigkeiten mit dem Ziel eingesetzt, den Verkehrsdurchsatz der einzelnen Straßenabschnitte zu erhöhen. Darüber hinaus erfolgt eine Routenzuteilung einzelner Fahrzeuge, um stark befahrene Streckenabschnitte zu meiden und sie zu entlasten. Die dritte Eingriffsmöglichkeit stellt die Optimierung der LSA-Schaltungen dar, damit flexibel und zielgerichtet auf die vorliegende Verkehrssituation reagiert werden kann.

Das Projekt TraCMAS wird von der Karl-Vossloh-Stiftung gefördert und hat eine Laufzeit von drei Jahren.

 **Christopher Link, M.Sc.**
E-Mail: christopher.link@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 63 39

 Gefördert durch: Karl-Vossloh-Stiftung

Traffic optimisation for autonomous and human-driven vehicles

Project TraCMAS – Traffic Control for Mixed Autonomy Systems

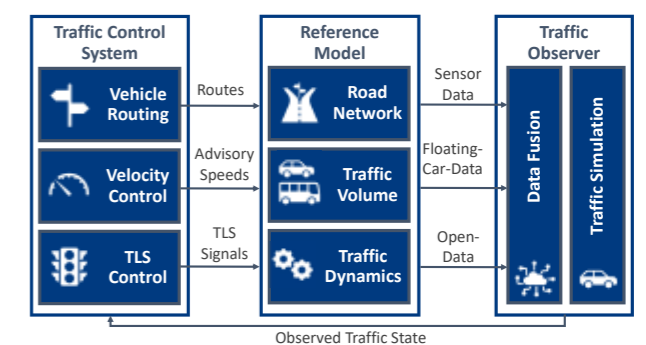
The goal of the project TraCMAS is to utilise new technologies used in modern traffic systems to control and optimise urban traffic flows, i.e. autonomous vehicles and Car2X-technology combined with intelligent traffic light system (TLS) control methods are to be integrated into a common traffic control system. By these means, waiting times of road users shall be shortened and emissions can be reduced.

The introduction of autonomous vehicles yields great potentials for future traffic systems. On the one hand, they can provide valuable information about the local traffic situation in their vicinity using their sensor systems. On the other hand, they can be used to influence the traffic, e.g. by route allocation or velocity control. It is in this way that even a small number of autonomous vehicles can have a significant impact on the traffic flow. Therefore, project TraCMAS aims to develop a traffic control system which uses these potentials and combines them with approaches for TLS-control using a model-based approach.

In a first step, a simulation model for mixed autonomy traffic composed of human-driven and autonomous vehicles is to be developed. The traffic infrastructure of Paderborn was chosen as reference for the model, and it contains the road network, the TLS as well as additional stationary sensors at selected road positions. A key aspect is to recreate a realistic traffic volume. To achieve this, the mobility demand is estimated using statistical data of Paderborn, the road network, the locations of workplaces, residential areas and schools. Combined with real traffic data provided by the city of Paderborn, currently a method is being developed to create routes for vehicles based on this information. The resulting traffic model is the basis for further research and is treated as the real traffic system.

In order to control such a system, first a sufficiently accurate picture of the traffic situation is required utilising the available data sources. Thus, the virtual sensors, the autonomous vehicles and simulated open data sources are used to reconstruct the traffic situation of the reference model in a separate observer model and to update it continuously.


Based on this informational situation, three coordinated control approaches to manipulate the traffic are to be used: Initially, the autonomous vehicles are utilised to implement dynamically calculated advisory speed limits to increase the traffic flow on the respective road sections. Furthermore, a route allocation for amenable vehicles enables them to avoid



Systemstruktur des geschlossenen Regelkreises.
System structure of the closed control loop.

congested roads and, therefore, relieve the traffic situation on them. The third approach aims to optimise the TLS and enables them to react to the current traffic situation in a more flexible and purposeful way.

The project TraCMAS is funded by the Karl-Vossloh-Stiftung and has a term of three years.

 **Christopher Link, M.Sc.**
E-mail: christopher.link@hni.upb.de
Phone: +49 5251 | 60 63 39

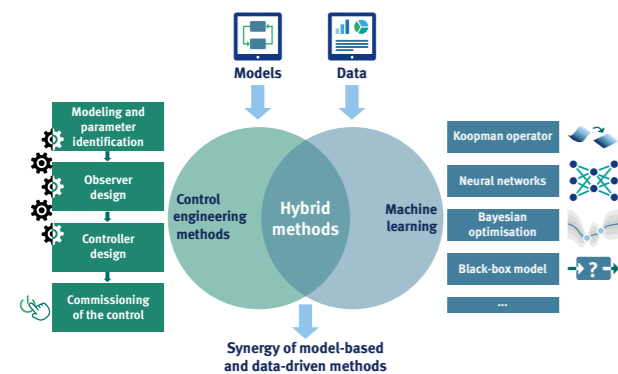
 Supported by: Karl-Vossloh-Stiftung

Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik

Nachwuchsgruppe DART erforscht physikalisch motivierte neuronale Netze für die Modellbildung

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.



Projektübersicht von DART
Project overview of DART

Der erste Schritt im klassischen Regelungsentwurf ist gewöhnlich die Modellbildung eines technischen Systems. Dazu wird ein Modell basierend auf physikalischen Prinzipien entwickelt und anschließend mittels Messungen parametrisiert. Häufig gestaltet sich das Vorgehen der klassischen Modellierung allerdings aufwendig oder schwierig, da z. B. sehr komplexe physikalische Effekte zu berücksichtigen sind, sodass der Prozess der Modellierung iterativ durchgeführt wird oder bestimmte Anteile der Dynamik aufgrund von Vereinfachungen nicht modelliert werden. In dieser Situation untersucht die Nachwuchsgruppe DART die Verwendung von Physics-guided

Neural Networks (PGNNs) für die hybride Modellbildung in der Regelungstechnik. Ausgangspunkt des Forschungsansatzes ist, dass einfache physikalische Simulationsmodelle, die die Dynamik des technischen Systems grob abbilden können, meistens mit wenig Aufwand entwickelt werden können. PGNNs sind dann neuronale Netze, die um einen zusätzlichen Eingang des physikalischen Simulationsmodells erweitert werden. Somit erhält das neuronale Netz nicht nur das aktuelle Steuersignal und den aktuellen Zustand, sondern auch den nachfolgenden, durch das physikalische Modell simulierten Zustand des nächsten Zeitschritts. Durch diese Strategie erhoffen wir uns, einen Ausgleich zwischen Aufwand und Genauigkeit zu erzielen sowie eine gute Darstellung des realen Systems durch die hybride Struktur zu erreichen.

Um die physikalische Konsistenz des PGNN zu gewährleisten, wird beim Training des neuronalen Netzes zudem eine physikalisch motivierte Kostenfunktion eingesetzt, die z. B. Masse- oder Energieerhaltungsprinzipien berücksichtigt. Erste Untersuchungen an verschiedenen mechatronischen Systemen haben dabei vielversprechende Ergebnisse gezeigt, sodass als nächster Schritt der Einsatz von PGNNs im Regelkreis erforscht werden wird, z. B. als Modell in einer nichtlinearen modellprädiktiven Regelung.

Dr.-Ing. Julia Timmermann
E-Mail: julia.timmermann@hni.upb.de
Telefon: +49 5251 | 60 62 81

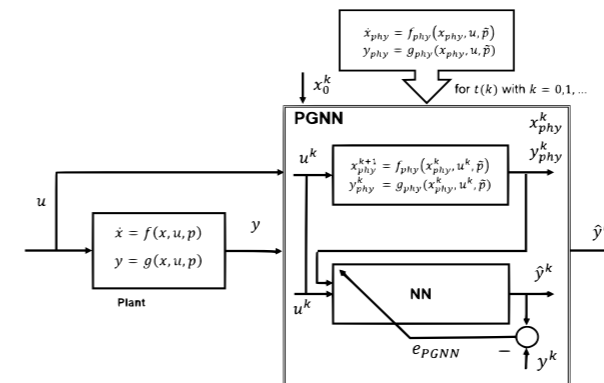
Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung
Projekträger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Data-driven methods in control engineering

Junior research group DART investigates physically motivated neural networks for modelling

In the course of digitalisation, artificial intelligence and machine learning are currently receiving a lot of 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 the proven physically motivated methods with modern data-driven methods in order to achieve the highest possible performance in control design. These hybrid approaches go far beyond simple, pragmatic combinations, since they are based on structurally well-founded compositions of tailored methods that synergistically combine their advantages. Thereby, every step of control design is addressed, which enables us to extend all aspects of classical control engineering by hybrid approaches with data-based methods.



PGNN während des Trainings
PGNN during training

The first step in classical control design is usually the modelling of a technical system. For this purpose, a model is developed based on physical principles and then parameterised by measurement data. However, the procedure of classical modelling often turns out to be time-consuming or too difficult, since e.g. complex physical effects have to be considered. Therefore, the process of modelling is carried out iteratively or certain partial dynamics are not captured due to simplifications. In this situation, the junior research group DART investigates the usage of Physics-guided Neural Networks (PGNNs) for hybrid modelling in control engineering. The initial point of the research approach is that simple physical simulation models, which roughly represent the dynamics of the technical system,

can usually be developed with little effort. PGNNs are then neural networks that are extended by an additional input of the physical simulation model. Thus, the neural network receives not only the current control signal and the current state, but also the subsequent state of the next time step simulated by the physical model. Through this strategy, we hope to achieve a balance between effort and accuracy as well as a good representation of the real system by the hybrid structure.

In addition, to ensure the physical consistency of the PGNN, a physically motivated cost function is used during the neural network's training, which takes into account e.g. mass or energy conservation principles. Initial investigations on various mechatronic systems have shown promising results in this regard. Thus, the next step will be to explore the use of PGNNs in the control loop, e.g. as a model for nonlinear model predictive control.

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)



»» Neugierde ist der Schlüssel zum Verstehen. ««

»» Curiosity is the key to understanding. ««

Ricarda-Samantha Götte

M.Sc.
Regelungstechnik und Mechatronik

Seit März 2020 bin ich wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Fachgruppe „Regelungstechnik und Mechatronik“. Doch was hat mich hierhin geführt? Schon als Kind hat mich interessiert, wie sich Phänomene aus Natur und Technik erklären lassen und welche Zusammenhänge hinter diesen stecken. Gleichzeitig haben mich schon von klein auf Logik und Mathematik begeistert, sodass ich mich nach meinem Abitur entschloss, direkt einen interdisziplinären Studiengang zu wählen, der diese beiden Interessen vereint: Technomathematik.

Bereits während meines Bachelorstudiums hier an der Universität Paderborn erhielt ich einen guten Einblick in die verschiedenen Felder des Maschinenbaus. Nach einem Auslandssemester in Birmingham (Großbritannien) schrieb ich schließlich meine Bachelorarbeit bei Professor Ansgar Trächtler und erhielt die Möglichkeit, als wissenschaftliche Hilfskraft erste wissenschaftliche Erfahrungen zu sammeln. Während meines Masterstudiums vertiefte ich mich im Bereich Numerik und Optimierung und stieß dabei auf das verwandte Thema Maschinelle Lernverfahren und Künstliche Intelligenz. Nach meinem Masterabschluss sah ich dann die Chance, in diesem spannenden und zukunftsweisenden Feld eigene Ideen durch eine Promotion zu verwirklichen. Seit Juli 2020 erforsche ich zusammen mit meinen Kolleg*innen in unserer Nachwuchsgruppe DART neuartige Verfahren für die Anwendung in der Regelungstechnik, die sowohl auf physikalisch motivierten als auch datengetriebenen Techniken basieren. Dabei erhoffen wir uns synergetische Effekte hinsichtlich aller Entwurfsschritte im Regelungsentwurf.

In meinem Forschungsbereich interessiere ich mich besonders für die Anwendung datengetriebener Methoden für die Modellierung technischer Systeme. Um einen Regler zu entwerfen, wird ein genaues Modell des zu regelnden Systems benötigt, welches aufgrund von Modell- und Parameterungenauigkeiten in der Realität oftmals nicht oder nur mit einem sehr hohen Aufwand entwickelt werden kann. Häufig liegen uns jedoch Messdaten vor, die wir nutzen können. Daher erforsche ich, wie sich diese Daten ausgehend von physikalischen Modellen mithilfe von datenbasierten Techniken unterstützend und gewinnbringend in den Prozess der Modellbildung einbinden lassen.

Als Ausgleich zu meiner Forschungstätigkeit spielt Musik eine große Rolle in meinem Leben. So leite ich in meiner Freizeit einen Chor, spiele Klavier und bin beim Tanzen aktiv. Auch bin ich gern mit Familie und Freund*innen in der Natur unterwegs.

Ricarda-Samantha Götte

M.Sc.
Control Engineering and Mechatronics

Since March 2020, I have been a research assistant at the “Control Engineering and Mechatronics” workgroup. But what brought me here? As a child, I was interested in how phenomena from nature and technology can be explained and what connections lie in between them. I also was fascinated by logic and mathematics from an early age, so that after graduating from school, I decided to choose an interdisciplinary course of study that combined these two interests: Technomathematics.

During my bachelor’s degree studies here at the Paderborn University, I received a good insight into the different fields of mechanical engineering. After a semester abroad in Birmingham (UK), I finally wrote my bachelor’s thesis with Professor Ansgar Trächtler and had the opportunity to gain first scientific experiences as a student assistant. During my master’s studies, I deepened my knowledge in the field of numerics and optimisation and came across the related topic of machine learning and artificial intelligence. After my master’s degree, I then saw the opportunity to realise my own ideas in this exciting and forward-looking field. Since July 2020, together with my colleagues in our junior research group DART, I have been exploring novel methods for application in control engineering based on both physically motivated and data-driven techniques. In doing so, we hope to achieve synergetic effects with respect to all design steps in control design.

In my research area, I am particularly interested in the application of data-driven methods for modelling technical systems. In order to design a controller, an accurate model of the system to be controlled is needed, which often cannot be accomplished or only with a very high effort due to model and parameter inaccuracies. However, we usually have measurement data available that we can use. Therefore, I am researching how these data samples can be integrated into the process of modelling in a supporting and profitable way, starting from physical models with the help of data-based techniques.

As a balance to my research activities, music plays a major role in my life, so in my free time I lead a choir, play the piano and attend dance classes. I also enjoy being out in nature with family and friends.

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
Telefon: +49 5251 | 60 24 11

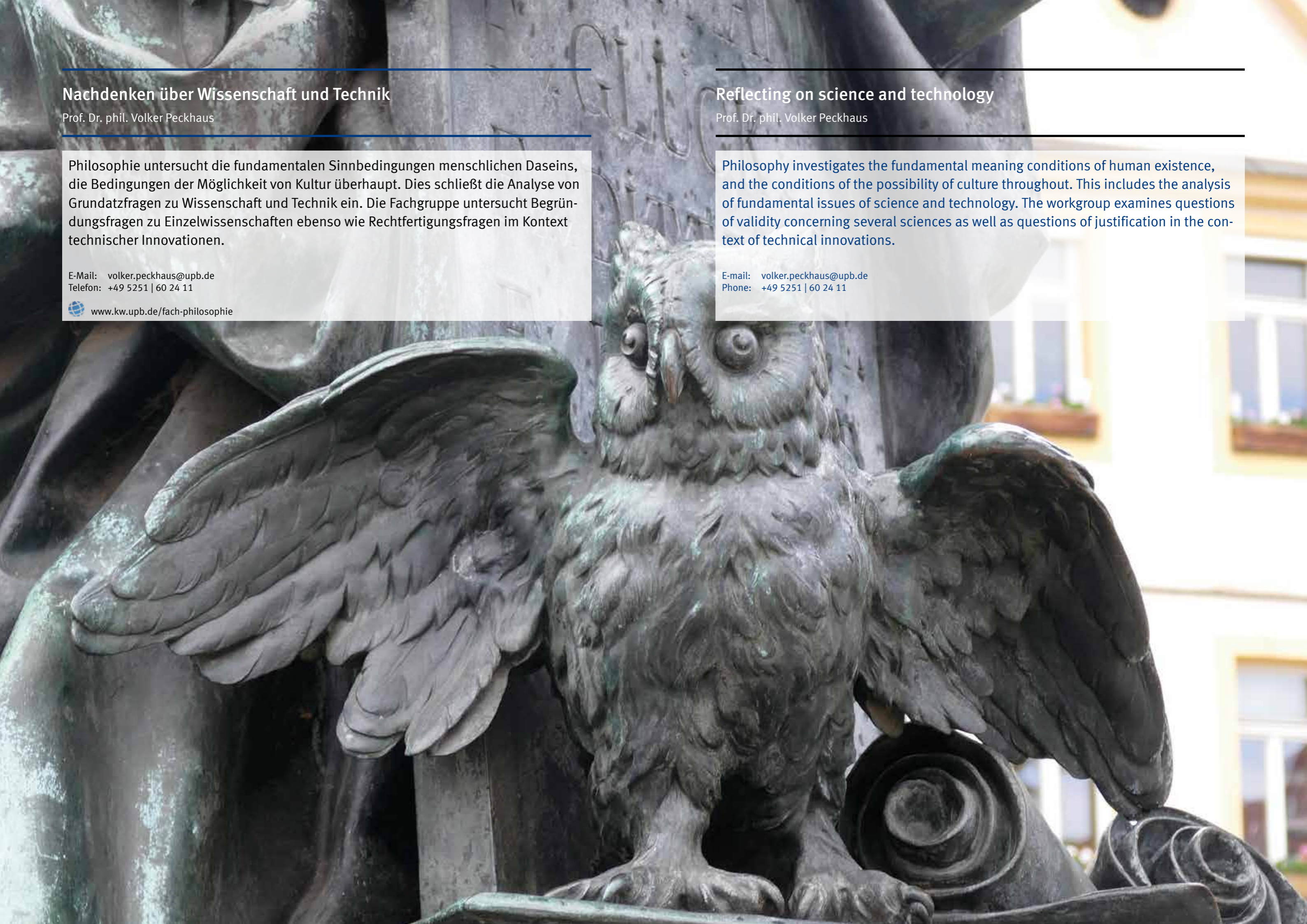
 www.kw.upb.de/fach-philosophie

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
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.

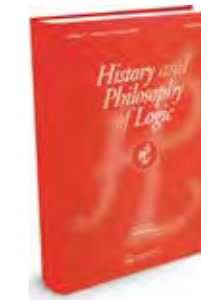
Formal logic and mathematical practice

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 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 workgroup “Philosophy of Science and Technology” led by Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical re-edition of Kant's Logic.

“It has already been a year and a half since Kant instructed me to edit his Logic for the press as presented by him in public lectures to his listeners, and to submit it to the public in the form of a compendious manual. To that end, I received from him the very manuscript he had used in his lectures, with an expression of the special honorable confidence in me that I, familiar with the principles of his system generally, would readily enter into the course of his ideas; and that I would not distort or falsify his thoughts but rather exhibit them with the requisite clarity and definiteness and at the same time in the appropriate order.” (Logic. Translated, with an introduction, by Robert S. Hartman and Wolfgang Schwarz, Dover edition, Dover publications, 1988. p. 5)

With these words, Gottlob Benjamin Jäsche (1762 – 1842) begins his preface to Immanuel Kant's Logic: A Handbook for Lectures, which he first published in 1800 and then again in 1801 while his senior Königsberg colleague Kant (1724 – 1804) was still alive.

Since then, the text also known as Jäsche Logic has been edited numerous times. In 1923, it was included in the division “Published Works” of the so-called Academy Edition. The Academy Edition is a comprehensive edition of the complete writings of Kant, which was published under the name of “Kant's Collected Works” since 1900. This edition is divided into the following sections: “Published Works”, “Correspondence”, “Handwritten Remains”, and “Lecture Courses”. The edition claimed to become an example for future historico-critical editions, even though it was never completed and it is full of sometimes serious problems.

The workgroup “Philosophy of Science and Technology” led by Volker Peckhaus is currently working on the historico-critical re-edition of the Academy Edition of the Jäsche Logic – notwithstanding its disputed significance within Kant's writings. This project is part of the large-scale project The Collected Works of Immanuel Kant – New Editions, Revisions and Completion of the Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities.



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



Michele Vagnetti

Dr. phil.
Wissenschaftstheorie und Philosophie
der Technik

Mein Name ist Michele Vagnetti und ich bin 31 Jahre alt. Ich komme aus Assisi (Italien), die Stadt des Heiligen Franziskus. Seit dem Gymnasium habe ich ein großes Interesse an der Geschichte der Philosophie entwickelt. Sie gibt uns Hilfsmittel, um Probleme und Fragen in ihrer Gesamtheit und Komplexität anzugehen. Die philosophische Vision hat nicht einzelne, singuläre oder besondere Elemente zum Gegenstand, sondern deren Beziehungen und Verbindungen in komplexeren Systemen. Das bedeutet, dass die Zusammenarbeit zwischen Philosophie und einzelnen Wissenschaften (z. B. Physiologie, Chemie, Physik, Biologie usw.) der Kern des Wissens ist. Die Philosophie ordnet und interpretiert Elemente, die sie aus den anderen Wissenschaften entnimmt.

Deshalb habe ich Philosophie an der Universität Florenz studiert. Hier habe ich im Jahr 2016 mein Magisterstudium erfolgreich abgeschlossen und einen Platz als Doktorand in Philosophie erhalten. Das Doktorat war ein Cotutelle-Programm mit der Universität Paderborn unter der Betreuung von Professor Nikolay Milkov. Im April 2020 habe ich meine Promotion erfolgreich abgeschlossen und dann als Lehrer an einem Gymnasium in Assisi gearbeitet. Gleichzeitig bin ich auch Cultore della materia im Fach „Geschichte der antiken Philosophie“ an der Universität Florenz. Zurzeit bin ich vor allem Postdoc-Stipendiat bei der Heinrich Hertz-Stiftung mit dem folgenden Forschungsprojekt: Hermann Lotzes Philosophie im Kontext. Der Sinn meines Projekts besteht darin, das Gedankengut von Jakob Friedrich Fries (1773 – 1843) und dessen Einfluss auf die deutsche Philosophie im 19. und frühen 20. Jahrhundert zu untersuchen. Fries und seine Schule (Ernst Friedrich Apelt) üben einen starken Einfluss, via Leonard Nelson, auf Karl R. Popper aus. Nicht nur das, mein Projekt hat eine zweite Aufgabe: Die Beziehung zwischen Lotze und einem von Franz Brentanos bedeutendsten Schülern, Carl Stumpf, zu sondieren. Es ist wichtig, diese theoretische Beziehung zu beleuchten, denn sie war für die Entstehung der Phänomenologie Edmund Husserls grundlegend. Dem Forschungsprojekt liegt eine grundlegende Vision oder Idee zugrunde: Die Geschichte der Philosophie, verstanden als Forschung über Texte, ermöglicht logische Abhängigkeiten zu entdecken, die Philosoph*innen mit anderen Philosoph*innen und anderen Ideen verbinden. Diese historische Forschung ist eng mit dem theoretischen Ziel verbunden, deutliche und klare Bilder von komplexen Denkern wie Fries, Lotze, Stumpf und Husserl zu erzeugen.

Michele Vagnetti

Dr. phil.
Philosophy of Science and Technology

My name is Michele Vagnetti and I'm 31 years old. I was born and grew up in Assisi (Italy), the city of Saint Francis. I have developed a great interest in philosophy already in high school. Philosophy delivers the tools we need to address problems and issues in their totality and complexity. The philosophical view is not concerned with individual, particular elements but rather with their relationships and interconnections in complex systems. This means that the cooperation between philosophy and special sciences (e.g. physiology, chemistry, physics, biology, etc.) is the core of knowledge. Philosophy interprets and orders those elements that it takes from the other sciences.

I studied philosophy at the University of Florence, where I successfully completed my master's degree and won a position as a doctoral student in philosophy (2016). In the following three years, I pursued a joint research doctoral programme in the University of Florence and the Paderborn University under the supervision of Professor Nikolay Milkov. In 2020, I received my PhD and then worked eight months as a teacher in a high school in Assisi. I am Cultore della materia in the "History of Ancient Philosophy" at the University of Florence. Currently, I am a post-doctoral fellow at the Heinrich Hertz Foundation and am working on the project "Hermann Lotze's Philosophy in Context". Its objective is to investigate the thought of Jakob Friedrich Fries (1773 – 1843) and his influence on German philosophy in the 19th and early 20th centuries. Fries and his school (Ernst Friedrich Apelt, in particular) exerted a strong influence on Leonard Nelson and Karl R. Popper. The second task of my research project is to explore the relationship between Lotze and Carl Stumpf. It is also important to shed light on this association because it was fundamental to the emergence of Edmund Husserl's phenomenology. The key idea that guides my research project is that the history of philosophy can make it possible to discover the logical dependencies that connect philosophers under analysis with other philosophers and their ideas. This historical research is closely related to the theoretical goal of producing clear and distinct portraits of complex thinkers, such as Fries, Lotze, Stumpf and Husserl.

» Zwischen den Bedürfnissen des Gemütes und den Ergebnissen menschlicher Wissenschaft ist ein alter nie geschlichteter Zwist. [...] Gleichwohl liegt in dieser Vermittlung allein der wahre Lebenspunkt der Wissenschaft. «

» Between spiritual needs and the results of human science there is an unsettled dispute of long standing. [...] But all the same it is in such mediation alone that the true source of the life of science is to be found. «
(Lotze, Mikrokosmos)

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

Secure Software Engineering

Prof. Dr. Eric Bodden

Publikationen
Publications

R. Bonifacio, S. Krüger, K. Narasimhan, E. Bodden, M. Mezini: Dealing with Variability in API Misuse Specification. European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP) (2021).

A. Fischer: Computing on Encrypted Data Using Trusted Execution Environments, Universität Paderborn, 2021.

P. Holzinger, E. Bodden: A Systematic Hardening of Java's Information Hiding. International Symposium on Advanced Security on Software and Systems (ASSS) (2021).

S. Kummita, G. Piskachev, J. Spath, E. Bodden: Qualitative and Quantitative Analysis of Callgraph Algorithms for Python. In: 2021 International Conference on Code Quality (ICQ), 2021.

L. Luo: Improving Real-World Applicability of Static Taint Analysis. Universität Paderborn, 2021.

L. Luo, M. Schäfer, D. Sanchez, E. Bodden: IDE Support for Cloud-Based Static Analyses. In: ESEC/FSE '21: Joint Meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering, 2021.

G. Piskachev, R. Krishnamurthy, E. Bodden: SecuCheck: Engineering configurable taint analysis for software developers. In: SCAM '21: IEEE International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (Engineering Track), 2021.

P. Schubert, B. Hermann, E. Bodden: Lossless, Persisted Summarization of Static Callgraph, Points-To and Data-Flow Analysis. In: European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP), 2021.

P. Schubert, B. Hermann, E. Bodden, R. Leer: Into the Woods: Experiences from Building a Dataflow Analysis Framework for C/C++. In: SCAM '21: IEEE International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (Engineering Track), 2021.

P. Schubert, F. Sattler, F. Schiebel, B. Hermann, E. Bodden: Modeling the Effects of Global Variables in Data-Flow Analysis for C/C++. In:

SCAM '21: IEEE International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (Engineering Track), 2021.

A.P. Shivarpatna Venkatesh, E. Bodden: Automated Cell Header Generator for Jupyter Notebooks. In: International Workshop on AI and Software Testing/Analysis (AISTA), 2021.

L. Stockmann, S. Laux, E. Bodden: Using Architectural Runtime Verification for Offline Data Analysis. Journal of Automotive Software Engineering (2021).

Promotionen
PhD Theses

Linghui Luo
Improving Real-World Applicability of Static Taint Analysis

Statische Taint-Analyse ist eine Programmanalysetechnik, die bössartige Software aufspüren und ein breites Spektrum von Sicherheitslücken aufdecken kann. Obwohl sowohl in der Industrie als auch im akademischen Bereich viele statische Taint-Analyse-Werkzeuge entwickelt wurden, werden nur sehr wenige davon in der Industrie eingesetzt. In Ihrer Dissertation untersucht Frau Luo die Gründe dafür und befasst sich mit drei bestehenden Problemen, die den Einsatz der statischen Taint-Analyse in der Praxis behindern: Das erste Problem ist das Fehlen von realistischen Benchmarks. Dies führt zu Analysewerkzeugen, die zwar in Mikro-Benchmarks gut funktionieren, aber weniger effektiv in Praxis sind, da reale Anwendungen mehr Sonderfälle enthalten. Aus Gründen der Skalierbarkeit ignorieren statische Taint-Analyse-Werkzeuge oft Pfadbedingungen. Dies führt zum zweiten Problem: Werkzeuge können Warnungen ausgeben, die entweder nicht realisierbar sind oder die ein bestimmter Benutzer nicht beachten wird. Ein weiterer Grund dafür, dass statische Taint-Analyse-Werkzeuge, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen, von Softwareentwicklern nicht in großem Umfang eingesetzt werden ist, dass sie nicht in IDEs integriert sind, die von Entwicklern üblicherweise verwendet werden, was ihre Verwendung umständlich macht. In ihrer Dissertation präsentiert Frau Luo mehrere Ansätze, von der Konstruktion realistischer Benchmarks, neuartige Werkzeuge bis hin zu Nutzerstudien, die diese drei Probleme angehen, um die Praxistauglichkeit der statischen Taint-Analyse zu verbessern.

Andreas Fischer
Computing on Encrypted Data using Trusted Execution Environments

Cloud-Dienste bieten Zugang zu hochverfügbarer IT-Infrastruktur wie Speicherplatz und Rechenleistung. Um die Vertraulichkeit sensibler Daten zu gewährleisten, können die Daten vor der Übertragung in die Cloud verschlüsselt werden. Um jedoch die Rechenleistung der Cloud zu nutzen, ohne die Vertraulichkeit zu beeinträchtigen, muss die Cloud mit verschlüsselten Daten rechnen. Vollhomomorphe Verschlüsselungsverfahren erlauben beliebige Berechnungen mit Chiffraten, verursachen jedoch hohe Rechenkosten. Auf Hardware-basierter Sicherheit beruhende Ansätze, wie Intel SGX, verursachen nur geringen Rechenaufwand. Sie sind jedoch anfällig für Seitenkanalangriffe, die die Sicherheitsmechanismen außer Kraft setzen können. In seiner Dissertation präsentiert Herr Fischer eine neuartige Architektur, die kryptografische Verfahren mit einem Hardwaresicherheitsmodul kombiniert, um mit verschlüsselten Daten zu rechnen. Im Vergleich zu einer rein auf Hardware-basierter Sicherheit beruhenden Lösung bietet der vorgestellte Ansatz eine minimale und programmunabhängige Softwarebasis, die über alle Anwendungen hinweg wiederverwendet werden kann. Somit wird die Angriffsfläche für Softwareschwachstellen in der geschützten Anwendung erheblich reduziert. Im Vergleich zu einer ausschließlich auf vollhomomorpher Verschlüsselung basierender Lösung wird eine hohe Effizienz erreicht, da Kontrollflussentscheidungen unterstützt werden und Chiffirat-Operationen erheblich effizienter sind. Herr Fischers Ansatz wurde unter anderem in der Optimierung des Ladebetriebs elektrischer Fahrzeuge erfolgreich auf Praxistauglichkeit getestet.

Messen, Tagungen, Seminare
Fairs, conferences, seminars

PLDI 2020
15.06. – 19.06.2020, virtuell

ICSE 2020
06.07. – 11.07.2020, virtuell

Heise devSec
05.10. – 06.10.2021, virtuell

Crossing Retreat
15.11. – 16.10.2021, virtuell

Patente, Preise, Auszeichnungen
Patents, prizes, awards

- Amazon Research Award 2021

Weitere Funktionen
Additional functions

Advisory Boards:

- Scientific Advisor of Sourcebrella Inc., since October 2018
- Editorships:
 - Editorial Board Member of Springer Empirical Software Engineering (EMSE), since 2019
 - Associate Editor of the IEEE Transactions on Software Engineering (TSE), since 2016
- Steering committee memberships:
 - ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE)
 - International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA)
 - International Symposium on Engineering Secure Software and Systems (ES-SOS)
 - International Workshop on Dynamic Analysis (WODA)
 - International Workshop on the State Of the Art in Java Program Analysis(SOAP), also co-founder of the Workshop

Speaker:

- Deputy speaker of IT-Security Graduate School NERD.NRW (since 2018)
- Co-Organizer:
 - Doctoral Symposium at ECOOP/ISSTA 2020 (co-organizer)

Program Committee memberships:

- 2021 IEEE Symposium on Security and Privacy ("Oakland")
- European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP) 2021
- International Conference on Software Engineering (ICSE) 2021: area chair for security, privacy and trust
- International Conference on Automated Software Engineering (ASE), 2020
- International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA) 20205
- International Conference on Software Testing, Validation, and Verification (ICST) 2020

Advisory Board Memberships:

- Expert Reviewer, Software Security Knowledge Area, Cyber Security Body of Knowledge project (<http://www.cybok.org/>).

- Compositional Risk Assessment and Security Testing of Networked Systems(RASEN), EU FP7

Sponsorship chair:

- European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP) 2020
- Reviews of Grant Proposals for Funding Agencies:
 - Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 - Horizon 2020 / European Research Council
 - Luxembourg National Research Fund (FNR)
 - Research Grant Council (RGC) of Hong Kong
 - Royal Society Te Aparangi in New Zealand

Spin-Offs
Spin-off

- CodeShield GmbH

Aktuelle Forschungsprojekte
Current research projects

DFG-Projekt CROSSING – Cryptography-Based Security Solutions: Enabling Trust in New and Next Generation Computing Environments

Im Rahmen des DFG Sonderforschungsbereichs 1119, CROSSING, leiten wir das Projekt Secure Integration of Cryptographic Software. Zusammen mit Mira Mezini's Software Technology Group erforschen wir Mittel, um Entwicklern bei der sicheren Integration von kryptografischen Bibliotheken zu unterstützen.
Förderinstitution: *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.
Förderinstitution: *Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*
Laufzeit: 01.06.2019 – 30.6.2023

MIWF Graduiertenkolleg "Human Centered Systems Security – North Rhine-Westphalian Experts on Research in Digitalization (NERD)"

Wie bei allen Tandemprojekten vom Graduiertenkolleg NERD steht der „Faktor Mensch“ auch bei „IntelliScan“ im Mittelpunkt. Hier werden als Akteure insbesondere Softwareentwickler betrachtet. Dabei sollen zunächst Studien durchgeführt werden, um zu ermitteln, warum Entwickler bei der Implementierung von Softwaresystemen sicherheitsrelevante Programmierfehler begehen. In Folge dessen sollen automatisierte Werkzeuge zur statischen Codeanalyse entwickelt werden, die Entwickler in den Softwareentwicklungsprozessen unterstützen, um Schwachstellen besser und frühe zu erkennen.

Förderinstitution: *Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF)*

Laufzeit: 15.09.2017 – 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 Modularisierung der Kernkomponenten.

Förderinstitution: *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.

Förderinstitut: *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-Entwicklungssystemen angewendet werden können.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Laufzeit: 01.09.2021 – 31.08.2024

Aktuelle Industriekooperationen**Current industry cooperations**

- dSpace, Paderborn
- Mindsquare
- Reply
- SAP
- IBM
- Google
- CodeShield GmbH
- Amazon Web Service
- Microsoft
- Oracle Labs

Wissenschaftliche Kooperationen**Scientific cooperations**

- Mälardalen Universität, Schweden
- Universität aus Banja Luka, Bosnien und Herzegowina
- Universität aus Belgrad, Serbien
- Staatsuniversität „Montenegro“ aus Podgorica, Montenegro
- Universität aus Sarajevo, Bosnien und Herzegowina
- Universität „St. Kyrill und Method“, Mazedonien
- Universität aus Tirana, Albanien
- Universität Zagreb, Kroatien
- Delft University of Technology, Niederlande
- The Open University, England
- ABB Corporate Research, USA
- Vrije Universiteit, Niederlande
- University of Alberta, Kanada
- Concordia University, USA
- Iowa State University, USA
- Polytechnique Montreal, Kanada
- University of Lugano, Schweiz

- University of Chile, Chile
- NC State University, USA
- IMDEA, Spanien
- McGill University, Kanada
- Carnegie Mellon University, USA
- SnT Universität Luxembourg, Luxemburg
- Penn State University, USA
- Northeastern University, USA
- Microsoft Research, USA
- University of Oslo, Norwegen
- University of Bergen, Norwegen
- University of Campinas, Brasilien
- Purdue University, USA

Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Publikationen**Publications**

L. Asmar, K. Grigoryan, C.Y. Low, D. Röltgen, A. Kühn, R. Dumitrescu: Structuring Framework for Early Validation of Product Ideas. In: International Journal of Integrated Engineering, 2021, pp. 229 – 240.

B. Lagemann, T. Seidenberg, C. Jürgenhake, S.O. Erikstad, R. Dumitrescu: System alternatives for modular, zero-emission high-speed ferries. In: SNAME International Conference on Fast Sea Transportation, 2021.

R. Bernijazov, A. Dicks, R. Dumitrescu, M. Foullois, J.M. Hanselle, E. Hüllermeier, G. Karakaya, P. Ködding, V. Lohweg, M. Malatyali, F. Meyer auf der Heide, M. Panzner, C. Soltenborn: A Meta-Review on Artificial Intelligence in Product Creation. In: Proceedings of the 30th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-21), 2021.

M. Drewel, L. Özcan, J. Gausemeier, R. Dumitrescu. In: E.G. Carayannis (Ed.): Platform Patterns – Using Proven Principles to Develop Digital Platforms, Journal of the Knowledge Economy, Springer, 2021, pp. 519 – 543.

R. Dumitrescu, A. Albers, J. Gausemeier, O. Riedel, R. Stark: Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft. Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering, Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, Paderborn, 2021.

R. Dumitrescu, H. Anacker, E.-M. Grote, R. Rasor, J. Tekaate, M. Meyer, J. Gausemeier, S. Steglich: Erfolgspotentiale für die Zukunft des Engineeringstandorts Deutschland – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. In: J. Gausemeier, W. Bauer, R. Dumitrescu (Eds.): Vorausschau und Technologieplanung – 16. Symposium Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021.

R. Dumitrescu, L. Özcan, P. Ködding, M. Foullois, R. Bernijazov: Künstliche Intelligenz in der Produktentstehung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021.

D. Eckertz, H. Anacker, R. Dumitrescu: Augmented Reality-based Product Validation to Support Collaborative Engineering of Complex Technical

Systems In: M.E. Auer, K.R. Bhimavaram, X.-G. Yue (Eds.): Online Engineering and Society 4.0, Springer International Publishing, 2021, pp. 451 – 463.

D. Eckertz, M. Möller, H. Anacker, R. Dumitrescu: Digital Knowledge Base for Industrial Augmented Reality Systems Based on Semantic Technologies. In: Proceedings of the International Conference on Information and Computer Technologies, 2021.

M. Förster, M. Rabe, A. Kühn, R. Dumitrescu: Practical approach for the development of digital guidelines for smart cities. In: Proceedings of the IEEE E-TEMS 2021, 2021.

M. Foullois, A.-L. Kato-Beiderwieden, L. Mlekus, G. W. Maier, S. Jenderny, C. Röcker, O. Dietz, M. Pretzlaff, O. Huxdorf, F. von Dungern, D. Bräutigam, L. Seifert, R. Dumitrescu: Arbeit 4.0 in der Produktentstehung mit IviPep. In: W. Bauer, S. Mütze-Niewöhner, S. Stowasser, C. Zanker, N. Müller (Eds.): Arbeit in der digitalisierten Welt – Praxisbeispiele und Gestaltungslösungen aus dem BMBF-Förderschwerpunkt, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2021, pp. 239 – 255.

S. Gabriel, T. Grauthoff, R. Joppen, A. Kühn, R. Dumitrescu: Analyzing socio-technical risks in implementation of Industry 4.0-use cases, In: Procedia CIRP, 2021, pp. 241 – 246.

S. Gabriel, N. Niewöhner, L. Asmar, A. Kühn, R. Dumitrescu: Integration of agile practices in the product development process of intelligent technical systems, In: Procedia CIRP, Elsevier, 2021, pp. 427 – 432.

J. Gausemeier, W. Bauer, R. Dumitrescu (Eds.): Vorausschau und Technologieplanung – 16. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021.

J.-P. Hemkentokrax, D. Eckelt, L. Haarmann, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Die Kraft von Startup-Partnerschaften für das Innovationssystem eines Automobilzulieferers. In: J. Gausemeier, W. Bauer, R. Dumitrescu (Eds.): Vorausschau und Technologieplanung – 16. Symposium Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021.

Advanced Systems Engineering

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

F. Hemmelgarn, P. Ehlert, T. Mager, C. Jürgenhake, R. Dumitrescu: Evaluation of different additive manufacturing technologies for MIDs in the context of smart sensor systems for retrofit applications. In: 14th International Congress Molded Interconnect Devices (MID), 2021.

M. Henkenjohann, R. Joppen, D. Köchling, S. von Enzberg, A. Kühn, R. Dumitrescu: Identification and specification of standard modules in production for a material flow simulation, In: Procedia CIRP, Elsevier, 2021, pp. 21 – 26.

D. Hobscheidt, A. Kühn, R. Dumitrescu: Derivation of socio-technical solution patterns for industry 4.0 problem classes. In: Procedia CIRP, Elsevier, 2021, pp. 301 – 306.

S. Japs, H. Anacker, R. Dumitrescu: SAVE: Security & safety by model-based systems engineering on the example of automotive industry. In: Procedia CIRP, 2021, pp. 187 – 192.

S. Japs, H. Anacker, L. Kaiser, J. Holtmann, R. Dumitrescu, F. Kargl: D-REQs: Determination of security & safety requirements in workshops based on the use of model-based systems engineering. In: Proceedings of the IEEE, 2021, pp. 412 – 414.

A. Kharatyan, C. Jürgenhake, R. Dumitrescu: Towards generative design in the development of mechatronic integrated devices (MID). In: Procedia CIRP, 2021, pp. 373 – 378.

A. Kharatyan, J. Tekaate, S. Japs, H. Anacker, R. Dumitrescu: Metamodel for safety and security integrated system architecture modeling. In: Proceedings of the Design Society, 2021, pp. 2027 – 2036.

P. Ködding, R. Dumitrescu: Szenario-Technik mit digitalen Technologien. In: E.A. Hartmann (Ed.): Digitalisierung souverän gestalten, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2021 (in Druck).

C. Koldewey: Systematik zur Entwicklung von Smart Service-Strategien im produzierenden Gewerbe. Vol 399. Paderborn, 2021.

C. Koldewey, J. Gausemeier, R. Dumitrescu, H.-H. Evers, M. Frank, J. Reinhold: Development Process for Smart Service Strategies: Grasping the Potentials of Digitalization for Servitization. In: D.R. Schallmo, J. Tidd (Eds.): Digitalization, Springer Nature, Cham, 2021, pp. 205 – 237.

C. Koldewey, A. Rasor, J. Reinhold, J. Gausemeier, R. Dumitrescu, N. Chohan, M. Frank: Aligning strategic position, behavior, and structure for smart service businesses in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021.

T. Mager, C. Jürgenhake, R. Dumitrescu: Approach for a modular design methodology for an efficient development of 3D MID components. In: 14th International Congress Molded Interconnect Devices (MID), 2021, pp. 1–9.

J. S. Menzeffricke, I. Wiederkehr, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Socio-technical risk management in the age of digital transformation – identification and analysis of existing approaches. In: *Procedia CIRP*, 2021, pp. 708–713.

M. Meyer, J.-P. Hemkentokrax, C. Koldewey, R. Dumitrescu, P.M. Tröster, M. Schlegel, C.L. Kling, S. Rapp, A. Albers: Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis. In: J. Gausemeier, W. Bauer, R. Dumitrescu (Eds.): *Vorausschau und Technologieplanung – 16. Symposium Vorausschau und Technologieplanung*, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021.

M. Meyer, I. Wiederkehr, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Understanding usage data-driven product planning: A systematic literature review. *Proceedings of the Design Society* (2021) 3289–3298.

N. Niewöhner, N. Lang, L. Asmar, D. Röltgen, A. Kühn, R. Dumitrescu: Towards an ambidextrous innovation management maturity model. In: *Procedia CIRP*, Elsevier, 2021, pp. 289–294.

J. Reinhold, P. Ködding, M. Scholtysik, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Smart Service-Transformation mit Geschäftsmodellmustern, *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (2021) 337–341.

M. Meyer, M. Panzner, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Towards Identifying Data Analytics Use Cases in Product Planning, *Procedia CIRP* (2021).

U. Mohammad, C. Low, R. A. Rahman, M. A. Johar, C. T. Koh, R. Dumitrescu, M. Rabe, L. Asmar, S. Kamaruddin: Smart factory reference model for training on Industry 4.0 In: *Journal of Mechanical Engineering (JMeChE)* 16 (2021) pp. 129–144.

R. Rasor, D. Göllner, R. Bernijazov, L. Kaiser, R. Dumitrescu: Towards collaborative life cycle specification of digital twins in manufacturing value chains. In: *Procedia CIRP*, Elsevier, 2021, pp. 229–234.

J. Reinhold, P. Ködding, M. Scholtysik, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Identifying Value Creation Patterns for Smart Services, *Procedia CIRP* (2021).

J. Reinhold, C. Koldewey, R. Dumitrescu, G. Rausch: Smart Service-Transformation – Den Wandel der Wertschöpfung erfolgreich gestalten. In: J. Gausemeier, W. Bauer, R. Dumitrescu (Eds.): *Vorausschau und Technologieplanung – 16. Symposium Vorausschau und Technologieplanung*, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2021.

F. Schnasse, J.S. Menzeffricke, R. Dumitrescu: Identification of Socio-Technical Risks and Their Correlations in the Context of Digital Transformation for the Manufacturing Sector. In: *Proceedings of the IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2021, pp. 159–166.

M. Scholtysik, J. Reinhold, C. Koldewey, R. Dumitrescu: Sustainability through the digitalization: Exploring potentials and designing value co-creation architectures for product-service-systems. In: *Proceedings of the Design Society* 1 (2021), pp. 2871–2880.

D. Spath, J. Gausemeier, R. Dumitrescu, J. Winter, S. Steglich, M. Drewel: Digitalisation of Society. In: A. Maier, J. Oehmen, P.E. Vermaas (Eds.): *Handbook of Engineering Systems Design*, Springer, Cham, 2021, pp. 2–27.

J. Tekaat, H. Anacker, R. Dumitrescu: The Paradigm of Design Thinking and Systems Engineering in the Design of Cyber-Physical Systems: A Systematic Literature Review. In: *Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Systems Engineering*, 2021.

D. Tissen, M. Hillebrand, C. Tschirner: Von der Idee ins Modell – Virtualisierung von Workshop-ergebnissen im MBSE. In: *Tag des Systems Engineering* 2021, 2021.

A. Wegel, P. Sahrhage, F. Worthmann, M. Rabe, R. Dumitrescu: Referenzarchitektur für Smart Services. In: H. Binz, B. Bertsche, D. Spath,

D. Roth: (Eds.): *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2021*, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart, 2021, p. 12.

C. Wiecher, J. Fischbach, J. Greenyer, A. Vogel-sang, C. Wolff, R. Dumitrescu: Integrated and Iterative Requirements Analysis and Test Specification: A Case Study at Kostal, *ArXiv Preprint* (2021).

C. Wiecher, J. Greenyer, C. Wolff, H. Anacker, R. Dumitrescu: Iterative and Scenario-Based Requirements Specification in a System of Systems Context. In: F. Dalpiaz, P. Spoletoni (Eds.): *Requirements Engineering: Foundation for Software Quality, REFSQ 2021*, Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland, 2021.

C. Wiecher, C. Wolff, H. Anacker, R. Dumitrescu: Selecting Features for the Next Release in a System of Systems Context, *ArXiv Preprint* (2021).

D. Wilke, A. Schierbaum, L. Kaiser, R. Dumitrescu: Need for Action for a Company-Wide Introduction of Systems Engineering in Machinery and Plant Engineering In: *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED 2021*, 2021.

J. Yee, C.Y. Low, N.M. Hashim, F.A. Hanapiah, W.S. Soh, N.A.C. Zakaria, M.N. Nemah, L. Asmar, M. Rabe, S. von Enzberg, R. Dumitrescu: Data-Driven Model for Upper Limb Spasticity Detection, *International Journal of Integrated Engineering* 13 (2021), pp. 180–188.

Promotionen PhD Theses

Michael Bansmann
Systematik zur Gestaltung digitalisierter Arbeitswelten in produzierenden Unternehmen
Technologien der Digitalisierung bergen großes Potential, die Art und Weise, wie gewirtschaftet und gearbeitet wird, grundlegend zu verändern. Der Begriff Arbeit 4.0 bringt dies zum Ausdruck. Der Einzug von digitalen Technologien in die Arbeitswelt produzierender Unternehmen lässt sich zunehmend in der Praxis beobachten: Der Einsatz von Datenbrillen in der Produktion oder intelligente Algorithmen zur Entscheidungsunterstützung sind prominente Beispiele dafür. Aufgrund der hohen Vielfalt solcher Arbeit 4.0-Anwendungsszenarien ist jedoch nicht unmittelbar

klar, welche Lösungen vor dem Hintergrund unternehmensspezifischer Rahmenbedingungen Nutzen stiften. Zudem gehen derartige Lösungen mit soziotechnischen Umsetzungsbarrieren einher. Dabei ist oft unklar, wie im Spannungsfeld Mensch, Technik und Organisation zu agieren ist. Ziel der Arbeit ist daher eine Systematik zur Gestaltung digitalisierter Arbeitswelten in produzierenden Unternehmen. Die Systematik besteht aus einer Wissensbasis und zwei Vorgehensmodellen. Die Wissensbasis setzt sich aus einer Strukturierung von Arbeit 4.0-Anwendungsszenarien und den damit einhergehenden Nutzenpotentialen sowie einem Arbeit 4.0-Reifegradmodell zusammen. Die Vorgehensmodelle umfassen eine Auswahl- und eine Planungssystematik. Diese ermöglichen die Identifikation, Bewertung und Auswahl sowie die nachhaltige Einführung von digitalen Lösungen in der Arbeitswelt. Dazu greifen die Vorgehensmodelle auf die Wissensbasis zurück. Die Anwendung der Systematik erfolgt im Rahmen eines Industriekreises mit drei produzierenden Unternehmen.

Lukas Bretz
Rahmenwerk zur Planung und Einführung von Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering
Die steigende Komplexität technischer Systeme führt zu wachsenden Herausforderungen im Rahmen der Produktentwicklung. In der Industrie werden Systems Engineering (SE) und Model-Based Systems Engineering (MBSE) als vielversprechende Entwicklungsansätze der Zukunft gesehen. Trotz zum Teil großer Bemühungen kämpfen Industrieunternehmen bei der Einführung beider Ansätze jedoch mit vielfältigen Herausforderungen, welche sowohl aus der fachlichen Komplexität als auch aus den weitreichenden Veränderungen durch die Einführung resultieren. Zur Einführung von Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering wird daher ein Rahmenwerk vorgestellt. Grundlage bilden ein Erklärungsmodell für die Produktentwicklung sowie mögliche Ziele einer Einführung von SE und MBSE. Kern des Rahmenwerks ist das Operationalisierungskonzept, welches ein Vorgehen zur Einführung bereitstellt. Das Rahmenwerk umfasst zudem Hilfsmittel, welche die Durchführung der einzelnen Schritte des Operationalisierungskonzepts unterstützen. Besonders hervorzuheben ist das Reifegradmodell zur Bestimmung von Ist- und Zielsituation. Die Anwendung des Rahmenwerks erfolgt anhand des konstruierten Beispielunternehmens Conwhirl. An diesem Beispiel wird die

Nutzung des Operationalisierungskonzepts mit allen bereitgestellten Hilfsmitteln dargestellt.

Michael Hillebrand
Entwicklungssystematik zur Integration von Eigenschaften der Selbstheilung in Intelligente Technische Systeme
Intelligente Technische Systeme kombinieren Sensorik, Aktorik und die Selbstregulation zu intelligenten Regelkreisen. Diese Systeme lösen selbstständig komplexe Aufgaben in ihrer Anwendungsdomäne. Dabei agieren sie situativ und zielführend. Derartige Systeme eröffnen neue Möglichkeiten in der Produktion oder in der Mobilität. Mit diesen Nutzenpotenzialen geht die Zunahme der Komplexität einher. Sie stellen neue Anforderungen an die Verlässlichkeit. Ein Lösungsansatz bietet die Integration von Selbstheilungseigenschaften. Selbstheilende Systeme überwachen ihren Gesundheitszustand, detektieren selbstständig Beeinträchtigungen und können ihre intendierte Funktion aufrechterhalten oder wiederherstellen. Diese Systeme sind wandlungsfähig, robust, lernfähig, redundant und verteilt. Übergeordnetes Ziel ist die Steigerung der Resilienz und Autonomie. Eine durchgehende Systematik zur Entwicklung dieser selbstheilenden Systeme existiert bisher nicht. Diese Systematik ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Ihr Einsatz ist für ein interdisziplinäres Entwicklungsteam konzipiert. Die Systematik führt die Bereiche Selbstheilung, Data-Driven Systems Engineering und Virtuelle Testbeds zusammen. Das Ergebnis ist ein Selbstheilungskonzept, eine Entwurfstechnik, sowie eine Werkzeugumgebung zum Szenario-basierten Trainieren und Testen. Ein Vorgehensmodell führt diese Bestandteile zu einer Systematik zusammen und macht sie für Dritte anwendbar. Die Anwendung der Systematik ist anhand eines autonomen Fahrzeugs gezeigt.

Robert Joppen
Systematik zur Bewertung von Industrie 4.0 Anwendungen in der Produktion
Industrie 4.0 bietet zahlreiche Nutzenpotenziale in der Produktion. Diese reichen von einer datengetriebenen Optimierung von Fertigungsprozessen einzelner Maschinen über fahrerlose Transportsysteme und Assistenzsysteme bis hin zur Verbesserung der gesamten Produktionsplanung und -steuerung. Nach wie vor sind jedoch insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bei Investitionen in Industrie 4.0 Anwendungen zurückhaltend. Dies spiegelt sich in zahlreichen Studien zu Industrie 4.0 wider. Als eines der

zentralen Hemmnisse wurde dabei stets der unklare Nutzen identifiziert. Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur Bewertung von Industrie 4.0 Anwendungen in der Produktion. Die entwickelte Systematik verfolgt das Ziel Transparenz über den Bewertungsprozess einer Investition in eine Industrie 4.0 Anwendung in der Produktion zu schaffen. Sie unterstützt den geplanten Einsatz einer konkreten technischen Lösung in einem bestehenden Produktionssystem zu bewerten. Grundlage der Systematik ist eine Charakterisierung von Investitionen in Industrie 4.0 Anwendungen. Aus der Charakterisierung wird ein Vorgehensmodell mit anwendungsspezifischen Ausprägungen abgeleitet, welches die zu tätigen Aufgaben sowie die einzusetzenden Hilfsmittel in einen zeitlichen Kontext setzt. In diesem Zuge werden diverse Hilfsmittel und eine Werkzeugunterstützung bereitgestellt. Die Anwendung der Systematik wird anhand von zwei Anwendungsbeispielen aufgezeigt.

Andre Lipsmeier
Systematik zur Entwicklung von Digitalisierungsstrategien für Industrieunternehmen
Die Digitalisierung eröffnet Unternehmen vielfältige Nutzenpotenziale. Signifikante Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen neue Marktleistungen und Geschäftsmodelle sowie eine Neugestaltung bestehender Wertschöpfungs-systeme. Demgegenüber spiegelt der Wandel von Kundenbedürfnissen, die Veränderung von Wettbewerbsarenen oder die Erosion bisheriger Kernkompetenzen nur einen Auszug von einhergehenden Herausforderungen wieder. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und den zukünftigen Geschäftserfolg zu sichern, müssen Unternehmen diese Nutzenpotenziale erschließen und den Herausforderungen begegnen. Dazu bedarf es einer strategischen Planung und strategiegeleiteten Umsetzung der unternehmensindividuellen Handlungsfelder im Rahmen einer Digitalen Transformation. Ziel dieser Arbeit ist daher eine Systematik zur Entwicklung von Digitalisierungsstrategien für Industrieunternehmen. Diese besteht aus drei Bestandteilen. Das Fundament der Systematik bildet ein Referenzmodell für Digitalisierungsstrategien. Es repräsentiert die Struktur einer Digitalisierungsstrategie und stellt dessen Bezug zu den Strategieebenen der Unternehmens-, Geschäfts- und Funktionalstrategien her. Ein Vorgehensmodell strukturiert die erforderlichen Tätigkeiten zur Entwicklung von Digitalisierungsstrategien zu einer logischen und zeitlichen Ab-

folge. Hilfsmittel wie Methoden- und Kriterienkataloge dienen der phasenweisen Unterstützung der Strategieentwicklung. Die Anwendung der Systematik erfolgt anhand eines Unternehmens der Nutzfahrzeugbranche.

Daniel Röltgen Systematik zur strategischen Planung von Augmented Reality für das Produkt-Service-Geschäft

Im Zuge der Transformation zur Dienstleistungsgesellschaft wandelt sich das Produkt- und Komponentengeschäft produzierender Unternehmen hin zu Produkt-Service-Systemen, die Sach- und Dienstleistungen integrieren. Mit Augmented Reality (AR) zeichnet sich eine aufstrebende Technologie ab, die vielfältige Innovationspotentiale für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine entlang des Lebenszyklus von Produkt-Service-Systemen bietet. Durch die kongruente Überlagerung realer Umgebungen mit virtuellen Informationen verspricht AR, die Effizienz und Effektivität manueller Tätigkeiten signifikant zu verbessern. Die Erschließung von AR für das Produkt-Service-Geschäft setzt jedoch einen systematischen Planungsprozess voraus, der die marktstrategischen Potentiale und technischen Anforderungen von AR gleichermaßen ins Kalkül zieht. Vor diesem Hintergrund beschreibt die vorliegende Arbeit eine Systematik zur strategischen Planung von Augmented Reality für das Produkt-Service-Geschäft. Das Fundament bildet ein Katalog an AR-Anwendungsszenarien, der die Einsatz- und Nutzenpotentiale von AR strukturiert. Für eine durchgängige methodische Unterstützung stellt die Systematik Vorgehensmodelle und Hilfsmittel bereit: Unter Rückgriff auf die AR-Anwendungsszenarien beschreibt die Geschäftsideenfindung die systematische Identifikation, Bewertung und Auswahl Erfolg versprechender Geschäftsideen. Im Zuge der Umsetzungsplanung werden die Geschäftsideen im Hinblick auf ihre technische und wirtschaftliche Realisierung konkretisiert. Die Anwendung der Systematik erfolgt exemplarisch anhand eines mittelständischen Unternehmens aus dem Maschinen- und Anlagenbau.

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 Lenkungskreis „Digital in NRW – Kompetenz für den Mittelstand“ (Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum des Bundeswirtschaftsministeriums)
- Mitglied des Verwaltungsrates des RKW Kompetenzzentrum (RKW Rationalisierungs- 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.
- Mitglied des Executive-Development-Programms „Fraunhofer Vintage Class“ der Fraunhofer-Gesellschaft
- 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
- Mitglied des Fachbeirats der Veranstaltungsreihe „Losgröße 4“
- Veranstalter des Symposiums für Vorschau und Technologieplanung (SVT) in Berlin
- Mitglied der Expertengruppe acatech HORIZONTE „Advanced Systems Engineering“

Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

IMPRESS – Instrumentarium zur musterbasierter Planung hybrider Wertschöpfungssysteme zur Erbringung von Smart Services

Ziel des Projektes ist ein Instrumentarium für die Transformation vom Produkthersteller zum Smart Service Anbieter. Es soll Unternehmen dazu befähigen, die Transformation eigenständig und zielgerichtet zu gestalten. Dafür werden Methoden und Werkzeuge entwickelt, die auf Lösungsmustern beruhen. Die im Projekt ermittelten Lösungsmustern geben den Anwendern bewährte Teillösungen von der strategischen

Planung bis zur Gestaltung der Wertschöpfung und Arbeit im Kontext von Smart Services an die Hand.

Laufzeit: 21.01.2019 – 31.07.2022
Förderer: BMBF

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

Ziel des Projektes DizRuPt ist ein Instrumentarium das Methoden und Werkzeuge zur datengestützten Retrofit- und Generationenplanung bereitstellt. Diese zeigen, wie Daten aus der Nutzungsphase eines Produkts analysiert und in der Produktplanung verwertet werden können. Darüber hinaus wird die organisationale Umsetzung beleuchtet sowie eine Werkzeugunterstützung erarbeitet.

Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022
Förderer: BMBF

SeRoNet – Eine Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von ServiceRoboter (SR)-Lösungen

Ziel des Projekts SeRoNet ist eine Plattform für Servicerobotik-Lösungen, die auch branchenfremden Unternehmen Zugang zu Domänenwissen und Wertschöpfungsnetzen der Servicerobotik verschafft.

Laufzeit: 01.03.2017 – 30.11.2021
Förderer: BMWI

SORISMA – Soziotechnisches Risikomanagement bei der Einführung von Industrie 4.0

Bei der Einführung von Industrie 4.0 Lösungen werden die Unternehmen mit zahlreichen Risiken konfrontiert, welche den Menschen, die Technik sowie die Organisation gleichermaßen betreffen. In dem Forschungsprojekt SORISMA werden daher Methoden erarbeitet, die soziotechnische Zusammenhänge systematisch erschließen. Unternehmen werden befähigt, die Risiken bei der Einführung von Industrie 4.0 frühzeitig zu erkennen und zu minimieren.

Laufzeit: 01.07.2019 – 30.06.2022
Förderer: EFRE.NRW

KI-Marktplatz – Die digitale Plattform für Innovationen von morgen

Ziel des Projektes KI-Marktplatz ist die Konzipierung einer digitalen Plattform, welche Anbieter von KI-Anwendungen und produzierende Unternehmen zusammenbringt. Der Fokus liegt auf KI-Anwendungen, die bei der Produktplanung sowie der Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzipierung unterstützen können.

Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2022
Förderer: BMWI

DigiSouv Graduiertennetzwerk: Digitale Souveränität in der Wirtschaft

Inhalt des Doktorandennetzwerks sind Fragestellungen rund um das Thema digitale Souveränität vor dem Hintergrund von Technologiegestaltung, Organisation und Business am Beispiel des Werkzeugmaschinenbaus.

Laufzeit: 01.03.2020 – 01.09.2023
Förderer: VDI iit / Heidenhain Stiftung

NRW Forschungskolleg: Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten (Arbeit 4.0)

Das NRW Forschungskolleg wird von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universitäten Paderborn und Bielefeld betrieben. Die beteiligten Fachrichtungen sind Psychologie, Soziologie, Pädagogik, Elektrotechnik, Mathematik, Maschinenbau, Wirtschaftswissenschaften und Informatik. Die im Rahmen von Promotionsprojekten durchgeführten Forschungsarbeiten sind eingebettet in ein inter- und transdisziplinäres Umfeld.

Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022
Förderer: Land NRW

ZuPro – Zukunftsrobuste Produktentwicklung

Das Ziel des Projekts ist ein Modell der zukunftsrobusten Produktentwicklung. Es soll die Abhängigkeiten zwischen strategischer Planung und Produktentwicklung über mehrere Produktgenerationen hinweg ohne Brüche beschreiben. Dabei sollen auch denkbare Umfeldentwicklungen berücksichtigt werden.

Laufzeit: 01.10.2020 – 01.10.2023
Förderer: DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

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.

Laufzeit: 01.09.2021 – 28.02.2023
Förderer: FVA

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.

Projektpartner: Fraunhofer IEM (Paderborn) und

Josef Schulte GmbH

Laufzeit: 01.03.2020 – 28.02.2023 (3 Jahre)

Förderer: BMBF

Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- Miele & Cie. KG (Gütersloh)
- Flender GmbH (Voerde)

Behavioral Economic Engineering and Responsible Management

Prof. Dr. René Fahr

Publikationen Publications

Fahr, René, Janssen, Elmar A., Sureth-Sloane, Caren: Can Tax Rate Changes Accelerate Investment under Entry and Exit Flexibility? – Insights from an Economic Experiment, FinanzArchiv, Special Issue Behavioral Taxation {conditional accept}

Promotionen PhD Theses

Dirk van Straaten

Inferring Quality with Reputation Systems – Experimental Evidence on Elicitation Mechanisms and Aggregation Metrics

Enabling customers to rate a product they have purchased, reputation systems are becoming increasingly important in the course of the rapidly growing share of online retailing. The aim of customer rating systems is to be able to assess the quality of a product before the purchase. In addition to individual ratings, customer rating metrics play a key role here, as they make it easier to compare different products and enable customers to make faster and better purchasing decisions. However, various biases in the provision of customer reviews cause these metrics not to reflect the actual quality. Hence, the goal of this thesis is, on the one hand, to minimize these biases by generating additional customer reviews and, on the other hand, to adjust metrics to reflect the actual preferences of customers. To this end, the first paper examines the effect of self-expression and the second paper the effect of various financial incentive schemes, respectively, on participating in reputation systems. The third paper investigates which aggregation function describes best the actual behavior of the customers and can thus be used as a metric to represent quality based on customer ratings. Building on this study, the fourth paper investigates the differences between decision making in the domains of risk and uncertainty.

Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

2. Forum Wirtschaftsethik „Zukunft der Landwirtschaft“
12. Juni 2021, Paderborn (Hybridveranstaltung)

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 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 Behavioral Economics (SABE)
- Gutachter für verschiedene Fachzeitschriften

Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

DFG Sonderforschungsbereich 901 "On-The-Fly-Computing", Teilprojekt A4 "Empirische Analysen in Märkten für OTF Dienstleistungen"
Die Zielsetzung des SFB 901 On-The-Fly-Computing liegt in der Entwicklung eines weltweiten Markts, auf dem individualisierte IT-Dienstleistungen automatisch konfiguriert und ausgeführt werden. Neben den technischen Herausforderungen muss dabei auch die Akzeptanz der Nutzer berücksichtigt werden. Um die Effektivität und Effizienz eines solchen Markts zu gewährleisten, forschen wir in Teilprojekt A4 zu Treibern von Kundenbewertungen und am Design von Bewertungssystemen.
Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: 01.07.2019 – 30.06.2023

"I Don't Want to Be Disliked": Wie die Gefahr sozialer Ausgrenzung die Wirksamkeit von Whistleblowing-Richtlinien verringert

Im Rahmen des Projekts wird die Effektivität zunehmend eingeführter Whistleblowing-Richtlinien untersucht. Die Ergebnisse eines online durchgeführten Verhaltensexperimentes zeigen, dass die positive Wirkung von Richtlinien auf die Whistleblowing-Entscheidung durch die Gefahr der sozialen Ausgrenzung signifikant verringert wird. Diese Erkenntnis deutet darauf hin, dass Organisationen zusätzlich zu den formalen Maßnahmen auch das Problem des sozialen Images von Hinweisgebern angemessen adressieren müssen.
Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: 30.11.2018 – 31.08.2021

Ökonomische Präferenzen und Umweltperformance

Eine zunehmende Anzahl an Studien stellt ökonomische Präferenzen als wesentliche Prädiktoren diverser ökonomischer und sozialer Ergebnisse heraus. Vor diesem Hintergrund wird der Zusammenhang zwischen Risiko- sowie Zeitpräferenzen und Umweltperformance untersucht. Eine systematische Untersuchung mag ein vertiefendes Verständnis dafür schaffen, warum manche Regionen Umweltverschmutzung erfolgreicher bekämpfen und ihre Ressourcen effektiver schützen als andere, und entsprechende politische Implikationen herausarbeiten.
Förderinstitution: offen
Laufzeit: offen

Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- Stiftung Gemeinwohlökonomie NRW: Zusammenarbeit im Seminar zur Unternehmenspolitik

Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- Prof. Dr. Daniel Quevedo, Professor in Cyberphysical Systems with the School of Electrical Engineering and Robotics, Queensland University of Technology (QUT), Brisbane, Australia
- Prof. Dr. Klaus Abbink, Professor of Economics, Monash University, Melbourne, Australia

Produktentstehung

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

Publikationen Publications

I. Gräßler, J. Hentze, P. Hesse, D. Preuß, H. Thiele, D. Wiechel, M. Bothen, T. Bruckmann, M. Dattner, T. Ehl, M. Hawlas, C. Krümpmann, R. Lachmayer, M. Knöchelmann, R. Mock, I. Mozgova, M. Schneider, G. Stollt: VDI/VDE 2206 – Entwicklung mechatronischer und cyber-physischer Systeme. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Ed.), 2021.

I. Gräßler, P. Hesse: Decision Support for Product Specific Recycling. In: ETI – The European Technology Institute (Ed.), The University of Malta, 2021, 03.–04. Juni 2021, pp. 37–41.

I. Gräßler, S. Hillebrand, D. Roesmann: Design Review of Assembly Workstations using Virtual Prototypes. In: ETI – The European Technology Institute (Ed.), 2021, 03.–04. Juni 2021, pp. 29–36.

I. Gräßler, S. Hillebrand, H. Thiele: Produktspezifische Optimierung der Nachhaltigkeit im Ersatzteilmanagement. Ganzheitliche Vorgehensweise zur Bewertung der Nachhaltigkeit additiv gefertigter Komponenten für den Aftermarket. In: H. Biedermann, W. Posch, S. Vorbach (Eds.): Digitalisierung im Kontext von Nachhaltigkeit und Klimawandel, Vol 9, 1st ed. Sustainability Management for Industries, Edition Rainer Hampp / Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2021, pp. 57–69.

I. Gräßler, A.-S. Koch, H. Thiele, M. Dattner: Supporting Innovation Management for SMEs: A Tool for Idea Selection. In: Proceedings of the ISPI Innovation Conference, 20.–23. Juni 2021, LUT Scientific and Expertise Publications, Berlin, 2021.

I. Gräßler, C. Oleff, D. Preuß: Holistic change propagation and impact analysis in requirements management. In: B. Wagner, J. Wilson (Eds.): R&D Management Conference, Strathclyde/Glasgow, 07.–08. Juli 2021, 2021.

I. Gräßler, C. Oleff, P. Scholle: Strategisch-technische Anforderungsanalyse. In: R. Koch, I. Gräßler, D. Zimmer, T. Tröster (Eds.): Mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung für Additive Fertigungsverfahren im Produktentstehungsprozess, 1st. Ed., Shaker, Düren, 2021, pp. 31–49

I. Gräßler, J. Pottebaum: Generic Product Lifecycle Model: A Holistic and Adaptable Approach for Multi-Disciplinary Product-Service Systems. Applied Sciences 11, 2021, 4516.

I. Gräßler, J. Pottebaum, C. Oleff, D. Preuß: Handling of explicit Uncertainty in Requirements Change Management. In: S. Wartzak, B. Schleich, Design Society (Eds.), Proceedings of the 23rd International Conference on Engineering Design (ICED), Gothenburg, 16.–20. Aug. 2021, pp. 1687–1696.

I. Gräßler, J. Pottebaum, D. Roesmann, N. Mandischer, M. Gürtler, M. Hüsing, B. Corves: Fähigkeitsorientierte Aufgabenzuordnung für die Mensch-Roboter-Kollaboration in sicherheitskritischen Einsatzsituationen. In: C. Wierich, P. Wintersberger, B. Weyers, Gesellschaft für Informatik e.V. (Eds.), Mensch Und Computer 2021 – Workshopband, Bonn, 2021.

I. Gräßler, D. Preuß: Anwendbarkeit von Requirement Mining in Benutzerrezensionen für die Entwicklung mechatronischer Produkte im B2C-Markt. In: T. Bertram, B. Corves, K. Janschek, S. Rinderknecht (Eds.): Digital-Fachtagung VDI Mechatronik 2021; 24.–25. Mrz. 2021, 2021, pp. 68–73.

I. Gräßler, D. Roesmann, C. Cappello, E. Steffen: Skill-based worker assignment in a manual assembly line. In: E. Lutters (Ed.): Procedia CIRP, 31st CIRP Design Conference 2021 (CIRP Design 2021), Elsevier; 19–21 May 2021, 2021, pp. 433–438

I. Gräßler, D. Roesmann, D. Wiechel, D. Preuß, J. Pottebaum: Determine similarity of assembly operations using semantic technology. In: 54th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Athens, 22.–24. Sept. 2021

I. Gräßler, P. Scholle, H. Thiele: Szenario-Technik. In: S. Vajna (Ed.), Integrated Design Engineering. Ein interdisziplinäres Modell für die ganzheitliche Produktentwicklung, Kapitel: 20, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2021, pp. 544–566.

I. Gräßler, D. Wiechel: Systematische Bewertung von Auswirkungsanalysen des Engineering Change Managements. In: D. Krause, K. Paetzold, S. Wartzak (Eds.): DS 111: Proceedings of the 32nd Symposium Design for X; 27.–28. September 2021, 2021.

Product Creation

Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler

I. Gräßler, D. Wiechel, J. Pottebaum: Role model of model-based systems engineering application. In: Proceedings of 19th Drive Train Technology Conference (ATK 2021), 9.–11. Mrz. 2021, IOP Publishing, 2021.

I. Gräßler, D. Wiechel, D. Roesmann: Integrating human factors in the model based development of cyber-physical production systems. In: E. Lutters (Ed.): Procedia CIRP, 31st CIRP Design Conference 2021 (CIRP Design 2021), Elsevier; 19–21 May 2021, 2021, pp. 518–523

I. Gräßler, D. Wiechel, D. Roesmann, H. Thiele: V-model based development of cyber-physical systems and cyber-physical production systems. In: E. Lutters (Ed.): Procedia CIRP, 31st CIRP Design Conference 2021 (CIRP Design 2021), Elsevier; 19–21 May 2021, 2021, pp. 253–258

M. Gürtler, N. Mandischer, M. Hüsing, B. Corves, J. Pottebaum, D. Roesmann, I. Gräßler: Ein reaktiver Modellierungsansatz für Mensch-Roboter-Kollaboration in Rettungs- und Brand-szenarien der Feuerwehr. In: 7. IFToMM D-A-CH Konferenz 2021; 18.–19. Feb. 2021 IFToMM D-A-CH, DuEPublico2 Duisburg-Essen Publications online, 2021.

J. Hentze: Berücksichtigung Selbstorganisierender Produktionssysteme in frühen Phasen der interdisziplinären Produktentwicklung, LibreCat University, 2021.

P. Hesse, I. Gräßler: Digitaler Zwilling zur Gestaltung der Prozesse im End-of-Life. In: W. Posch, S. Vorbach (Eds.): Digitalisierung im Kontext von Nachhaltigkeit und Klimawandel, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2021, pp. 135–148

R. Koch, I. Gräßler, D. Zimmer, T. Tröster (Eds.): Mehrzieloptimierte und durchgängig automatisierte Bauteilentwicklung für Additive Fertigungsverfahren im Produktentstehungsprozess – Ergebnisbericht des BMBF Verbundprojektes OptiAMix, Shaker Verlag, Düren, 2021.

J. Pottebaum, C. Schäfer: IT-Systeme für das Krisenmanagement. In: C. Reuter (Ed.), Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2021, pp. 273–294.

P. Taplick: Kollaborative, virtuelle Kreativumgebungen - Unterstützung der Ideengenerierung durch Virtual Reality, LibreCat University, 2021.

Promotionen PhD Theses

Julian Hentze

Berücksichtigung Selbstorganisierender Produktionssysteme in frühen Phasen der interdisziplinären Produktentwicklung
Der Wandel in der industriellen Produktion durch die Rahmenbedingungen der vierten industriellen Revolution eröffnet neue Wege für Produkt- und Produktionstechnologien. Produktionssysteme, welche selbstorganisiert, dezentral und flexibel gestaltet werden können, verändern auch die Rahmenbedingungen für das entwicklungsmethodische Vorgehen der Produkte. Neben der zunehmenden Interdisziplinarität müssen Methoden zur Unterstützung für die Produktentwicklung erarbeitet werden, um eine effektive und effiziente Entwicklung trotz veränderter oder zusätzlicher Rahmenbedingungen gewährleisten zu können. Die Arbeit fokussiert den Anwendungsfall Selbstorganisierender Produktionssysteme (SOPS). Die interdisziplinäre Produktentwicklung für mechatronische und cyber-physische Systeme mit dem V-Modell der VDI Richtlinie 2206 wird um eine Methode zur Berücksichtigung Selbstorganisierender Produktionssysteme in frühen Phasen der interdisziplinären Produktentwicklung (CoSOPS) erweitert. Die Methode ermöglicht für den spezifischen Anwendungsfall der SOPS sowohl die strategische als auch die produktbezogene und entwicklungsbegleitende Analyse der individuellen Potenziale für die Nutzung von SOPS. Dazu wurden in der Arbeit konkrete Anforderungen an die Methode sowie Einflüsse der SOPS auf die Produktentwicklung erarbeitet und analysiert. Die neue Methode CoSOPS wird detailliert ausgearbeitet und die Ergebnisse in einer strukturierten Evaluation validiert.

Patrick Taplick

Kollaborative, virtuelle Kreativumgebungen. Unterstützung der Ideengenerierung durch Virtual Reality
Die Globalisierung stellt Unternehmen, die international mit verteilten Gruppen agieren, vor Herausforderungen. Kreativität ist ein entscheidender Faktor für Unternehmen, um neue Produkte und Dienstleistungen zu gestalten und sich auf dieser Basis von Wettbewerbern

abzuheben. Um verteilt agierende Gruppen in ihrer Kreativität zu unterstützen, gibt es bereits Community-Plattformen, die die Zusammenarbeit zur Problemlösung steigern. Eine direkte Methode zur Stimulation der Kreativität verteilt agierender Gruppen existiert bisher nicht. Die Virtual Reality (VR)-Technologie bietet Potenziale auf Basis visueller Stimulation die Kreativität zu unterstützen. Ziel der Arbeit ist die Untersuchung der Rahmenbedingungen zur Gestaltung einer VR-basierten Kreativitätstechnik und darauf aufbauend die Entwicklung der „Reizumgebungsmethode“, die durch ein VR-basiertes Werkzeug unterstützt wird. Die Grundlage für die Rahmenbedingungen resultiert aus dem Stand der Wissenschaft der Bereiche Kreativität, verteilt agierende Gruppen und Teams und VR. Aus diesen Bereichen werden Einflussfaktoren analysiert, Leitlinien entwickelt und diese für die Komponenten der Kreativitätstechnik kategorisiert. Auf Basis der Leitlinien wird die „Reizumgebungsmethode“, bestehend aus den Komponenten Kreativitätsprozess, VR-basiertes Werkzeug und virtuelle Kreativumgebungen entwickelt. In Form einer dreistufigen Validierung wird die entwickelte „Reizumgebungsmethode“ untersucht.

Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

IFTOMM D-A-CH

18. – 19.02.2021, virtuelle Konferenz

19th Drive Train Technology Conference (ATK 2021)

09. – 11.03.2021, virtuelle Konferenz

VDI Mechatroniktagung 2021

24. – 25.03.2021, virtuelle Konferenz

31st CIRP Design Conference 2021 (CIRP Design 2021)

19. – 21.05.2021, virtuelle Konferenz

ISC 2021 (Industrial Simulation Conference)

03. – 04.06.2021, virtuelle Konferenz

R&D Management Conference

6. – 8.07.2021, virtuelle Konferenz

CIRP ICME '21 – 15th CIRP Conference on INTELLIGENT COMPUTATION IN MANUFACTURING ENGINEERING

14. – 16.07.2021, virtuelle Konferenz

International Conference on Engineering Design (ICED 2021)

16. – 20.08.2021, virtuelle Konferenz

Mensch und Computer 2021

05. – 08.09.2021, virtuelle Konferenz

54th CIRP CMS 2021

22. – 24.09.2021, virtuelle Konferenz

32nd Symposium Design for X (DFX2021)

27. – 28.09.2021, virtuelle Konferenz

Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

- Stefan Hillebrand gewann den Best Paper Award auf der 19th International Industrial Simulation Conference für die Veröffentlichung „Design Review Of Assembly Workstations Using Virtual Prototypes“ (I. Gräßler, S. Hillebrand, D. Roesmann, 2021)
- Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler wurde zur Vorsitzenden des VDI/VDE-GMA Fachbereichs 7 „Digitale Transformation“ gewählt.
- Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler wurde in den Vorsitzenden des neu gegründeten VDI Fachausschusses 7.10 „Planung und Entwicklung hybrider Leistungsbündel“ gewählt.
- Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler wurde in den Vorstand des wissenschaftlichen Beirats der VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) gewählt.
- Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler wurde zur Aufsichtsratsvorsitzenden der paragon GmbH & Co. KGaA 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“
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und Produkt- und Prozessgestaltung (GPP) Gemeinschaftsausschuss 7.02 „Systemhaus“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 4.10 „Interdisziplinäre Produktentstehung“ (Vorsitz)
- VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Fachausschuss 7.10 „Strategische Planung und Entwicklung hybrider Leistungsbündel“ (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 Paderbomer 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
- 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“
- Gutachterin für das internationale Journal „Virtual Reality“, Springer

Spin-Offs Spinn-offs

- 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.
Förderinstitution: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Laufzeit: 01.07.2021 – 30.06.2024

ARCA – Automated Requirement Change Analysis for the development of complex technical systems

Bewertung des Änderungsrisikos von Anforderungen in interdisziplinären Entwicklungsprojekten
Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2021

ImPaKT – IKT-befähigte modellbasierte Auswirkungsanalyse 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.
Förderinstitut: 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
Förderinstitution: MKW des Landes Nordrhein-Westfalen
Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022

Forschungskolleg „Gestaltung von flexiblen Arbeitswelten – Menschen-zentrierte Nutzung von Cyber-Physical Systems in Industrie 4.0“

Soziotechnisches Produktionsmanagement in Cyber-physischen Produktionssystemen; Fähigkeitsgerechte Zuordnung von Aufgaben in der Mensch-Technik-Kooperation
Förderinstitution: MKW des Landes Nordrhein-Westfalen
Laufzeit: 01.01.2019 – 30.06.2022

assemblean

Entwicklung einer flexiblen Produktionsplattform, auf der Produkte komplett geplant und eingerichtet werden können.
Förderung: EXIST Forschungstransfer
Laufzeit: 01.04.2020 – 31.03.2022

VRlinked

Verknüpfung von Prozess- und Infrastrukturplanung der Produktion; Einbindung prozessbeteiligter Mitarbeiter mit Virtual Reality; Entscheidungsunterstützungssystem zur Prozessoptimierung
Förderung: EFRE START-UP transfer.NRW
Laufzeit: 01.05.2020 – 31.10.2021

Aktuelle Industriekooperationen
Current industry cooperations

- 3DSE Management Consultants GmbH
- 4D Concept
- Additive Marking GmbH
- Alfred-Wegener-Institut
- assemblean GmbH
- Atos Deutschland
- BST eltromat 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
- Hebie 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

Algorithmen und KomplexitätProf. 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

M. Bienkowski, B. Feldkord, P. Schmidt: A Nearly Optimal Deterministic Online Algorithm for Non-Metric Facility Location. In: Proceedings of the 38th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS). 2021: 14:1 – 14:17.

R. Bernijazov, A. Dicks, R. Dumitrescu, M. Foullois, J.M. Hanselle, E. Hüllermeier, G. Karakaya, P. Ködding, V. Lohweg, M. Malatyali, F. Meyer auf der Heide, M. Panzner, C. Soltenborn: A Meta-Review on Artificial Intelligence in Product Creation. In: Proceedings of the 30th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2021) – Workshop "AI and Product Design" (2021).

J. Castenow, T. Götte, T. Knollmann, F. Meyer auf der Heide: The Max-Line-Formation Problem and new Insights for Gathering and Chain-Formation. In: Proceedings of the 23rd International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS), pp. 289 – 304, LNCS 13046, Springer, (2021)

J. Castenow, J. Harbig, D. Jung, T. Knollmann, F. Meyer auf der Heide: Gathering a Euclidean Closed Chain of Robots in Linear Time. In: L. Gasieniec, R. Klasing, T. Radzik (Eds.), Proceedings of the 17th International Symposium on Algorithms and Experiments for Wireless Sensor Networks (ALGOSENSORS), Springer, 2021, pp. 29 – 44.

B. Feldkord, T. Knollmann, M. Malatyali, F. Meyer auf der Heide: Managing Multiple Mobile Resources, Theory of Computing Systems, 65(6): 943–984 (2021)

T. Knollmann, C. Scheideler: A self-stabilizing Hashed Patricia Trie. Information and Computation. 2021.

S. Li, C. Markarian, F. Meyer auf der Heide, P. Podlipyan: A continuous strategy for collisionless gathering, Theoretical Computer Science 852 (2021), pp. 41 – 60.

S. Li, F. Meyer auf der Heide, P. Podlipyan: The impact of the Gabriel subgraph of the visibility graph on the gathering of mobile autonomous robots, Theoretical Computer Science 852 (2021), pp. 29 – 40.

Patente, Preise, Auszeichnungen
Patents, prizes, awards

- 2021 SIROCCO Prize for Innovation in Distributed Computing to Friedhelm Meyer auf der Heide
- ALGOSENSORS 2021 Best Paper Award and the ALGOSENSORS 2021 Best Student Paper Award to Jannik Castenow, Jonas Harbig, Daniel Jung, Till Knollmann, Friedhelm Meyer auf der Heide for the paper "Gathering a Euclidean Closed Chain of Robots in Linear Time"

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
- Chairman of the Scientific Advisory Board of the Leibniz-Zentrum für Informatik, Schloss Dagstuhl (expired in 2021)
- Member of the Program Committee of the 33th ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures (SPAA2021)
- Member of the Program Committee of the 23rd International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems
- Member of the Program Committee of the 28th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO 2021)

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*

Extension of sensor simulation for electronic control unit development with SensorSim by dynamically generated 3D scenes using the OSI standard (OSIgoes3D)

The aim of the project is to extend the sensor simulation for electronic control unit development with SensorSim by dynamically generated 3D objects/3D scenes using the Open Simulation Interface (OSI) in order to create the 3D world "on-the-fly" during the simulation time and without having to create and integrate it beforehand. In addition to the dynamic creation of the 3D world, the OSI standard is intended to increase the interoperability of dSPACE's tools. OSI is to be standardized by the ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems). The goal of this project is to create the 3D world "on-the-fly" during the simulation time and not to have to model, tune, and "download" it beforehand.
*Funding: dSPACE GmbH
Term: 2019 – 2021*

Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- dSPACE GmbH, Paderborn, Kooperation im Rahmen der Erzeugung virtueller Welten
- SICP – Software Innovation Campus Paderborn

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-Khazam, 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, 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 Dziubiński, Warsaw, Poland

Schaltungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

Publikationen Publications

P. Adelt, B. Koppelman, W. Müller, C. Scheytt: Register and Instruction Coverage Analysis for Different RISC-V ISA Modules. In: Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen (MBMV 2021), 18. – 19. Mrz. 2021

M. Bahmanian, C. Scheytt: A 2-20-GHz Ultralow Phase Noise Signal Source Using a Microwave Oscillator Locked to a Mode-Locked Laser. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 69(3): S. 1635 – 1645, Mrz. 2021

P. Kneuper, S. Kruse, B. Luchterhandt, J. Tünnermann, I. Scharlau, C. Scheytt: Sensory Substitution Device for the Visually Impaired Using 122 GHz Radar and Tactile Feedback. In: The 17th European Radar Conference, Jaarbeurs Utrecht, Netherlands, 13. – 15. Jan. 2021

S. Kruse, M. Bahmanian, P. Kneuper, C. Kress, H. G. Kurz, T. Schneider, C. Scheytt: Phase Noise Investigation for a Radar System with Optical Clock Distribution. In: The 17th European Radar Conference, Jaarbeurs Utrecht, Netherlands, 13. – 15. Jan. 2021

S. Kruse, S. Gudyriev, P. Kneuper, T. Schwabe, H. G. Kurz, C. Scheytt: Silicon Photonic Radar Transmitter IC for mm-Wave Large Aperture MIMO Radar Using Optical Clock Distribution. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 31(6): S. 783 – 786, Jun. 2021

Promotionen PhD Theses

Liang Wu
Ultrabreitbandige Sampler in SiGe-BiCMOS-Technologie für Analog-Digital-Wandler mit zeitversetzter Abtastung
Die Arbeit untersucht Ultrabreitband-Abtasttechniken für zeitversetzte Analog-Digital-Wandler. Im Rahmen der Forschungen werden Abtasttechniken mathematisch detailliert analysiert und miteinander verglichen. Die mathematische Analyse ermöglicht die Vorhersage mehrerer Sampler-Eigenschaften, einschließlich Sampler-Bandbreite, Sampling-Präzision usw. Zwei verschiedene Abtasttechniken werden untersucht. Die konventionelle Abtasttechnik wird mit einem Track-and-Hold-Verstärker (THA) unter Ver-

wendung einer geschalteten Emitterfolger (SEF) Abtasttopologie implementiert. Als alternative Abtasttechnik wird die short-time-integration (STI) Abtasttechnik, die eine Integrier-und-Halteschaltung (integrate-and-hold circuit, IHC) benutzt, implementiert. Drei Sampler-Chips (2 THA-Chips und 1 IHC-Chip) werden in einer modernen 130 nm SiGe BiCMOS Technologie hergestellt. Die Messergebnisse übertreffen den Stand des Technik im Hinblick auf Bandbreite und effektive Auflösung (effective number of bits, ENOB)

Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

2021 IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS)
6. – 9.12.2020, virtuelle Konferenz

4th RISC-V Activities Workshop, December 2.
2.12.2021, virtuelle Konferenz

24rd Design, Automation and Test in Europe (DATE)
1. – 5.2.2021, virtuelle Konferenz

Weitere Funktionen Prof. Scheytt Additional functions Prof. Scheytt

- 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), Utrecht, Niederlande, Januar 2022
- Mitglied im Programmkomitee IEEE BiCMOS and Compound Semiconductor Integrated Circuits and Technology Symposium (BCICTS), 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 Techno-

System and Circuit Technology

Prof. Dr.-Ing. Christoph Scheytt

logy 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 2021 (virtuell, Februar 2020)
- Mitglied im Executive Committee der DATE 2022 (hybrid, Antwerpen, Belgien März 2022)
- Mitglied im Organisationskomitee des 4th RISC-V Activities Workshop (virtuell, Dezember 2021)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 24. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2021 (virtuell, April 2021)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 25. Workshops für Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 2022 (virtuell, Februar 2022)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee der International IEEE Conference on Hardware / Software Codesign and System Synthesis (virtuell, Oktober 2021)
- Gutachter und Mitglied im Programmkomitee des 19th Workshops Automotive Software Engineering 2022 (Berlin, Februar 2022)
- Gutachter beim Journal IEEE Transactions on Computers

Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

METERACOM – Metrology for Terahertz Communication

Im Zentrum der DFG-Forschungsgruppe METE-RACOM (FOR 2863) steht die Kommunikationstechnik für den weitgehend noch unberührten Terahertz-Frequenzbereich (THz). In diesem Frequenzbereich könnten in Zukunft Terabit pro Sekunde übertragen werden. Jedoch stellen die sehr hohen Frequenzen und Bandbreiten der drahtlosen Kommunikation bei Terahertz-Frequenzen die heutige Kommunikationstechnik vor enorme Herausforderungen. Wesentliche Herausforderungen, die im Projekt bearbeitet werden sollen, sind: Die Erforschung von Messtechnik-Methoden (Metrologie) für drahtlose Kommunikationstechnologie mit THz-Signalen, die Entwicklung und Charakterisierung von neuen Messmitteln und die Rückführbarkeit von THz-Metrologie auf die grundlegenden Maßeinheiten des SI-Systems.

Projektpartner: TU Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Universität Marburg, Universität Stuttgart, Universität Lübeck, TU Ilmenau, National Physics Laboratory of Great Britain
Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: Juni 2019 – Mai 2022

NyPhE – Nyquist Photonic Engine

Das Ziel von NyPhE ist es, einen völlig neuen, zum Patent angemeldeten Ansatz zu untersuchen, der optischen Transceivern auf Basis der Siliziumphotonik mit einer Geschwindigkeit von 400 Gbit/s Datenrate in Siliziumphotonik-Technologie ermöglichen soll. Dazu wird eine Signalübertragung auf Basis von sogenannten Nyquist-Pulsen eingesetzt, die es ermöglicht, mehrere langsame Datenströme in einen physischen Kanal zu einem sehr schnellen Datenstrom zu vereinen. Die Fachgruppe Schaltungstechnik ist für die Implementierung des Transceivers in einer hochmodernen Siliziumphotonik-Technologie verantwortlich.
Projektpartner: Leoni AG, Sicoya GmbH, TU Braunschweig, TU Dresden
Projekträger: VDI Technologiezentrum GmbH
Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Laufzeit: Juli 2018 – Juni 2022

SAFE4I – Sicherer Automatischer Entwurf für Industrieanlagen

SAFE4I entwickelt Automatisierungslösungen zur Erzeugung funktional sicherer Software für Industrie-4.0-Anwendungen in Rahmen des industriellen Internet-der-Dinge. Dabei werden alle Teile der Software betrachtet, die nötig sind, um kundenspezifische Automatisierungslösungen für Industrie-4.0-Anwendungen zu realisieren.

Projektpartner: Infineon Technologies AG, Bosch Sensor Tec GmbH, COSEDA Technologies GmbH, FZI, HOOD GmbH, Itemis AG, Model Engineering Solution GmbH, OFFIS e.V., Robert Bosch GmbH, ScopeSET Technology GmbH, Technische Universität München, Universität Rostock
Projekträger: Projekträger DLR
Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Laufzeit: Oktober 2017 – Dezember 2021

Scale4Edge – Entwicklungsplattform und Ökosystem für skalierbare Spezialprozessoren im Edge-Computing

Scale4Edge erforscht, wie Entwicklungszeit und -kosten anwendungsspezifischer Edge-Prozessoren signifikant reduziert werden können. Solche Prozessoren führen meist mobil und nahe an Sensoren entscheidende erste Berechnungen aus. Sie müssen deshalb nicht nur besonders zuverlässig, performant und robust, sondern auch energieeffizient arbeiten. Darüber hinaus müssen sie ein hohes Maß an Vertrauenswürdigkeit bieten. Mit der entstehenden skalierbaren und flexibel erweiterbaren Entwicklungsplattform auf Basis des lizenzfreien, quelloffenen RISC-V-Befehlssatzarchitektur können individuelle Prozessoren mit diesen Eigenschaften effizient und kostengünstig entwickelt werden.

Projektpartner: Infineon Technologies AG, concept engineering GmbH, TU Kaiserslautern, AbsInt Angewandte Informatik GmbH, Robert Bosch GmbH, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, OFFIS e.V., TU München, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, IHP GmbH, MINRES GmbH, TU Dresden, ARQUIMEA Deutschland, SYSGO GmbH, TU Darmstadt, EPOS GmbH, Universität Bremen, FZI Forschungszentrum Informatik
Projekträger: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Laufzeit: April 2020 – März 2023

PONyDAC – Precise Optical Nyquist Pulse Synthesizer DAC

Das Ziel des PONyDAC-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von elektronisch-photonschen Digital-Analog-Umsetzern mittels Synthese optischer Nyquistpulse und der Verwendung von optischem Time-Interleaving. Die Nyquistpulsenergieerzeugung geschieht durch passende Eingangssignalregelung für Mach-Zehnder-Modulatoren auf Basis der monolithischen Ko-Integration photonischer und elektronischer Komponenten auf demselben Chip. Dieses Konzept der Synthese ultra-breitbandiger Nyquistpulse hat das Potential bisherige State-of-the-Art D/A-Wandler-Lösungen bei weitem zu übertreffen.

Projektpartner: Technische Universität Braunschweig
Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)
Laufzeit: Juli 2018 – März 2022

PACE – Photonically Assisted Ultrabroadband Analog-to-Digital-Converter

Das Ziel des PACE-Projekts ist die Untersuchung und Implementierung von extrem schnellen Analog-Digital-Umsetzern, auf Basis von photonischer und elektronischer Signalverarbeitung. Dabei werden mode-locked Laser als optische Signalquellen eingesetzt und verschiedene Verfahren der Analog-Digital-Wandlung untersucht. Ziel ist es, die elektronisch-photonschen Analog-Digital-Wandler mittels Siliziumphotonik-Technologie erstmalig als Chips zu integrieren und den Stand der Technik von rein elektronischen Analog-Digital-Wandler-Chips damit deutlich zu übertreffen.

Projektpartner: RWTH Aachen, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Universität Hamburg
Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Integrierte Elektronisch-Photonische Systeme für die Ultrabreitbandige Signalverarbeitung“ (SPP 2111)
Laufzeit: Juli 2018 – März 2022

Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- AbsInt Angewandte Informatik GmbH, Saarbrücken
- advlCo microelectronics GmbH, Recklinghausen
- ADVA Optical Networking SE, Berlin
- AEMtec GmbH, Berlin
- AirRobot GmbH, Arnsberg,
- ARQUIMEA Deutschland GmbH, Frankfurt/O.
- Astyx, GmbH, Ottobrunn
- Volkswagen AG, Wolfsburg,
- Audi AG, Ingolstadt
- Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen
- Cadence Design Systems GmbH, München
- CIMSOURCE GmbH, Aachen
- concept engineering GmbH, Freiburg
- COSEDA Technologies GmbH, Dresden
- Dr. Wolf Wireless GmbH, Teltow
- EPOS GmbH, Duisburg
- Finisar Germany GmbH, Braunschweig.
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Karlsruhe
- 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
- HOOD GmbH, Oberhaching
- IHP – Leibniz Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt/Oder
- II-VI Incorporated, PA, USA
- Infineon Technologies AG, München
- Itemis AG, Lünen
- Konrad GmbH, Radolfzell
- Leoni Fiber Optics GmbH, Neuhaus-Schierschnitz
- MINRES Technologies GmbH, Neubiberg
- Model Engineering Solution GmbH, Berlin
- Robert Bosch GmbH, Reutlingen
- ScopeSET Technology Deutschland GmbH
- Sicoya GmbH, Berlin
- SiFive, San Francisco, CA, USA
- SYSGO GmbH, Klein-Winternheim
- TOPTICA Photonics AG, Gräfelfing
- Volkswagen AG, Wolfsburg

Wissenschaftliche Kooperationen Scientific cooperations

- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Prof. Becker
- Eberhard Karls Universität Tübingen, Prof. Bringmann
- Forschungszentrum Informatik (FZI), Dr. Viehl
- Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Koos
- National Physics Laboratory, Teddington, UK
- OFFIS e.V., Dr. Grüttner
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
- Ruhruniversität Bochum, Prof. Hofmann
- RWTH Aachen, Prof. Witzens
- Technische Universität Berlin, Prof. Zimmermann
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Schneider
- Technische Universität Braunschweig, Prof. Thomas Kürner
- Technische Universität Darmstadt, Prof. Koch
- Technische Universität Dresden, Prof. Jamshidi
- Technische Universität Dresden, Prof. Meyr
- Technische Universität Kaiserslautern, Prof. Kunz
- Technische Universität München, Prof. Ecker
- Technische Universität München, Prof. Müller-Gritschneider
- Universität Bremen, Prof. Drechsler
- Universität Hamburg / DESY, Prof. Kärtner
- Universität Potsdam, Prof. Krstic
- Universität Rostock, Prof. Haubelt
- Universität Stuttgart, Prof. Kallfass

Regelungstechnik und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

Publikationen Publications

A. Bahman, W. Homberg, J.R. Vasquez, F. Walther, M. Rieppold, A. Trächtler: Forming of metastable austenitic stainless steel tubes with axially graded martensite content by flow-forming. In: 24th International Conference on Material Forming, 2021.

P. Biemelt, S. Böhm, S. Gausemeier, A. Trächtler: Subjective Evaluation of Filter- and Optimization-Based Motion Cueing Algorithms for a Hybrid Kinematics Driving Simulator. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2021, S. 1619–1626.

M. Ehlert, J. Michael, C. Henke, A. Trächtler, M. Kalla, B. Bagaber, B. Ponick, A. Mertens: Connecting Energy Storages from Tool Independent, Signal-flow Oriented FMUs. In: Proceedings of the International Conference on SMACD and 16th Conference on PRIME, 2021, S. 164–167.

R.-S. Götte, J. Timmermann: Composed Physics- and Data-driven System Identification for Non-autonomous Systems in Control Engineering. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC). 2021

A. Junker, J. Timmermann, A. Trächtler: Data-Driven Models for Control Engineering Applications Using the Koopman Operator. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Artificial Intelligence, Robotics and Control (AIRC)

K. Malena, C. Link, S. Mertin, S. Gausemeier, A. Trächtler: Online State Estimation for Microscopic Traffic Simulations using Multiple Data Sources. In: Proceedings of the 7th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transportation Systems (VEHITS), 2021, S. 386–395.

K. Malena, C. Link, S. Mertin, S. Gausemeier, A. Trächtler: Validation of an Online State Estimation Concept for Microscopic Traffic Simulations. In: Proceedings of the IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC), 2021.

J. Michael, E.-M. Grote, S. Pfeifer, R. Rasor, C. Henke, A. Trächtler, L. Kaiser: Towards the Concept of a Digital Green Twin for a Sustainable Product Lifecycle. In: 1st International Conference on

Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS)

V.I. Poddubnyi, A. Trächtler, A. Warkentin, C. Henke: Model of a Triangular Caterpillar Drive and Analysis of Vertical Vehicle Dynamics. In: Russian Engineering Research Nr. 41, S. 198–201, 2021

M. Rieppold, A. Bahman, J. Roza Vasquez, W. Homberg, F. Walther, A. Trächtler: Model approaches for closed-loop property control for flow forming. In: Advances in Industrial and Manufacturing Engineering Nr. 3, 2021.

S. Schütz, N. Elnsner, C. Henke, A. Trächtler: Kraftsensitive Kalibriermethode für Industrieroboter. In: Fachtagung VDI MECHATRONIK, 2021.

S. Schütz, A.T. Rütting, C. Henke, A. Trächtler: Echtzeitfähige Planung optimierter Trajektorien für sensorgeführte, kinematisch redundante Robotersysteme auf einer Industriesteuerung. At-Automatisierungstechnik, Nr. 69, S. 231–241, 2021

Promotionen PhD Theses

Christopher Lankeit
Systematik zur Evolution technischer Anforderungen

Der Umgang mit Komplexität, Schnittstellenvielfalt und Domänenvielfalt kann bei vernetzten und emergenten Systemen über eine übergeordnete Betrachtung und geführte Prozesse gelingen. Technischen Anforderungen kommt in allen Phasen der Entwicklung eine entscheidende Bedeutung zu. Sie eignen sich als Zieldefinition und Überprüfbarkeitskriterien sowohl in der Systemsynthese, als auch in der Systemanalyse. In dieser Arbeit wird ein Vier-Ebenen Modell von Anforderungen erläutert. In diesem werden technische Anforderungen sukzessive und systematisch detailliert. Ausgehend von Zielen werden funktionsorientierte Anforderungen, domänenübergreifende und domänenspezifische Anforderungen unterschieden. Diese Darstellungsform eignet sich für weitergehende Systemanalysen in Bezug auf die Durchgängigkeit und Vollständigkeit von Anforderungen. Die Vorgehensweise unterscheidet sich dabei von etablierten Prozessen durch die Konzentration auf die ingenieurwissenschaftliche Perspektive. Die formalen Ansätze des Software Engineerings, die bei kontinuierlichen Systemen schwierig einsetzbar sind, werden angepasst

Control Engineering and Mechatronics

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

und für technische Systeme genutzt. Dabei wird auf eine konsistente Durchgängigkeit Wert gelegt. Die Systematik wird durch Analyseverfahren unterstützt, die zu verschiedenen Phasen des Entwurfs intelligenter technischer Systeme Rückschlüsse auf die Anforderungen zulassen und helfen, diese umzusetzen. Zur Evaluierung wird die Systematik an einem Beispiel aus der industriellen Praxis angewendet.

Simon Olma
Systemtheorie von Hardware-in-the-Loop-Simulationen mit Anwendung auf einem Fahrzeugachsprüfstand mit parallelkinematischem Lastsimulator

Diese Arbeit behandelt die Systemtheorie von Hardware-in-the-Loop-Simulationen (HiL-Simulationen). Das Ziel ist die Entwicklung einer neuartigen Methode mit der auch mechatronische mehrdimensionale HiL-Systeme entworfen und analysiert werden können. Als mächtiges Hilfsmittel des Entwurfsprozesses kann die in dieser Arbeit identifizierte Analogie bestimmter HiL-Systemstrukturen zu indirekten Kraftregelungen genannt werden. Die Analyse der dynamischen Eigenschaften sowie der HiL-Simulationsgüte stellt einen wichtigen Bestandteil des Entwurfs dar. Als Anwendungsbeispiel wird ein Fahrzeugachsprüfstand betrachtet, mit dem HiL-Simulationen für zukünftige Anwendungen in der Fahrzeugentwicklung realisiert werden sollen. Zur Anregung des im Prüfstand verbauten Prüflings wird ein Hexapod, eine parallelkinematische Maschine (PKM), verwendet. Die Analyse des Stands der Technik und Forschung findet zu den Themen HiL-Simulation sowie beobachterbasierte Positions- und Kraftregelung von PKM statt. Im ersten Entwurfsteil werden mehrere HiL-System- und Regelkonfigurationen entwickelt. Deren Eigenschaften werden mithilfe von Simulationen und theoretischen Überlegungen analysiert und miteinander verglichen. Dies geschieht anhand eines vereinfachten Ersatzsystems. Nach einer Auswahl der für das Anwendungsbeispiel besten HiL-Konfiguration wird diese im zweiten Entwurfsteil für den mehrdimensionalen Fall erweitert. Im Fokus steht dabei die beobachterbasierte Regelung der PKM. Mithilfe von Simulationsergebnissen wird die Effektivität der erarbeiteten Methode nachgewiesen.

Weitere Funktionen Additional functions

- Leiter Fraunhofer-Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM
- Mitglied von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- Kuratoriumsmitglied Fraunhofer IPT
- Wissenschaftlicher Beirat des IMMS
- Vorstand des L-LAB

Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

Entwicklung einer Hardware-in-the-Loop-Umgebung zur mehrdimensionalen Achsprüfung und Fahrwerksauslegung

In dem Projekt wird die Entwicklung eines multiaxialen Fahrzeugachsprüfstands zur HiL-basierten Erprobung und Auslegung von Fahrwerkregelsystemen verfolgt. Hierbei liegt der Forschungsschwerpunkt auf der systematischen Realisierung einer möglichst realitätsnahen HiL-Simulation, um eine Vielzahl von Anwendungsfällen und Testscenarien für mechatronische Pkw-Achsen generieren zu können. Somit entsteht erstmals die Möglichkeit, das Gesamtsystem Fahrzeugachse inklusive aller aktiven und passiven Komponenten unter realitätsnahen Bedingungen im Labor zu testen und auszulegen.

Förderinstitution: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: 2017–2021

Maschinelles Lernen in der Regelungstechnik

Die Regelung mechatronischer Systeme basiert im klassischen Sinne maßgeblich auf einem genauen Systemverständnis und damit auf einem exakten physikalischen Modell des Systems. In Forschungsarbeiten wird aktuell untersucht, inwieweit diese Systematik auch durch Lernverfahren aus dem Bereich des „Machine Learning“ geleistet werden kann, sodass die klassische Modellierung unterstützt wird oder gegebenenfalls ganz entfällt. Die grundlegenden Voraussetzungen für ein solches Vorgehen sind im Hinblick auf mechatronische Systeme gegeben, da im Allgemeinen zahlreiche Sensordaten über den Systemzustand vorliegen. Es bleibt jedoch zu untersuchen, ob aus diesen Datenmengen das zugrunde liegende dynamische Verhalten extrahiert und anschließend vorhergesagt werden kann.

Förderinstitution: Internes Projekt

Energieeffiziente experimentelle Schwingungsanalyse (ENEXAL)

Ziel des Vorhabens ist die Validierung einer adaptiven Regelungsmethode in Verbindung mit dem Einsatz eines innovativen Koppellements zur effizienten Analyse unbekannter nichtlinearer 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-Anregerkraft präzise und hochdynamisch eingeregelt, sodass sich eine verringerte Anzahl an Testdurchläufen ergibt. Hieraus resultiert eine signifikante Energieeinsparung sowie die Vermeidung von Vorschädigungen des Prüflings.

Förderinstitution: 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 gewonnenen Messdaten soll anschließend eine Prozesssteuerung ausgelegt werden, welche die Prozessparameter geeignet an die wechselnden Zutateigenschaften und Umgebungsbedingungen anpasst. Diese intelligente Produktionsanlage wird zudem mit den Kassensystemen der Bäckereifilialen durch einen „Cloudbasierten virtuellen Backmeister“ vernetzt, um die Brutto-Bedarfsmenge präziser einschätzen zu können und somit Überproduktionen zu verringern.

Förderinstitution: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Laufzeit: 2019–2022

Pilotprojekt Schlosskreuzung

Das Projekt verfolgt die Optimierung des Verkehrsflusses zur Senkung der Emissionen und Wartezeiten aller Verkehrsteilnehmer im Testgebiet Schlosskreuzung und Residenzstraße in Schloss Neuhaus. Dazu werden die Verkehrswege im Testgebiet und sämtliche Einflussfaktoren, wie das Straßennetz selbst, vorhandene Lichtsignalanlagen sowie deren Steuerungsprogramme und Sensoren mithilfe einer Verkehrssimulationssoftware abgebildet. Auf Basis dieses Modells und den daraus generierten Informationen sollen adaptive und optimale Steuerungsalgorithmen erarbeitet werden, die den Verkehrsfluss im Testgebiet nachhaltig verstetigen. Das Vorhaben versteht sich dabei selbst als Pilotprojekt, da die entwickelten Lösungsansätze auf vergleichbare Situationen andernorts übertragen werden können. Somit profitieren auch weitere Stadtgebiete Paderborns und andere Kommunen von den erzielten Ergebnissen.

Förderinstitution: Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen
Laufzeit: 2019–2022

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.

Förderinstitution: Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand
Laufzeit: 2020–2022

Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik (DART)

Ziel der Nachwuchsgruppe „Datengetriebene Methoden in der Regelungstechnik“ ist es, die synergetische Kombination modell- und

datengetriebener Verfahren für regelungstechnische Aufgaben zu erforschen. Dazu werden modellgetriebene Verfahren mit maschinellem Lernen kombiniert, um hybride Methoden zu erhalten und die größtmögliche Performanz beim Regelungsentwurf zu erzielen. Die so entwickelten hybriden Entwurfsmethoden sollen an verschiedenen Demonstratoren zusammengeführt und evaluiert werden. Eine industrielle Verwertung der Ergebnisse ist ebenso durch den Wissenstransfer in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut Entwurfstechnik Mechatronik IEM geplant.

*Förderinstitution: Bundesministerium für Bildung und Forschung
Laufzeit: 2020 – 2024*

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.

*Förderinstitution: 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.

*Förderinstitution: Karl-Vossloh-Stiftung
Laufzeit: 2021 – 2024*

Aktuelle Industriekooperationen Current industry cooperations

- HELLA GmbH, Lippstadt
- WP Kemper GmbH, Rietberg
- RTB GmbH & Co. KG, Bad Lippspringe
- Stührenberg GmbH, Detmold
- FGB: Fertigungsgerätebau Adolf Steinbach GmbH & Co. KG, Salz
- dSPACE GmbH, Paderborn
- ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen
- Hesse GmbH, Paderborn
- Smart Mechatronics GmbH, Dortmund

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 Poddubnyi, Altaier Staatliche Technische Polzunov-Universität

Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technik

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Philosophy of Science and Technology

Prof. Dr. phil. Volker Peckhaus

Publikationen Publications

Corall, N. (im Erscheinen), „The Greatest Advantage of Polytheism - Monotheism and Normalization through Truth“, in: Nietzsche’s God(s), hg. von Russel Re Manning; Carlotta Santini und Isabelle Wienand, De Gruyter Verlag: Berlin/New York, voraussichtlich 2021.

Corall, N. (im Erscheinen), „Voluntary Submission and the ‘Politics of Truth’: Nietzsche and Foucault on the Danger of the Fully Normalised ‘Last Human’“, in: Nietzsche and the Politics of Difference, hg. von Andrea Rehberg und Ashley Woodward, De Gruyter Verlag: Berlin/New York.

Ficara, E. (2021), The Form of Truth. Hegel’s Philosophical Logic. Berlin New York: De Gruyter.

Ficara, E. (2021), ‘Transcendental’ in Kant and Fichte. A Conceptual Shift and its Philosophical Meaning, In: Fichte Studien 49, 333 – 352.

Ficara, E. (2021), The Birth of Dialetheism. In: History and Philosophy of Logic. 42/3, 281 – 296.

d’Agostini, F., Ficara, E. (im Erscheinen), Hegel’s Interpretation of the Liar Paradox. In: History and Philosophy of Logic.

Ficara, E. (im Erscheinen), Stichwort „Metaphysics“ im Vattimo Dictionary, Edinburgh: Edinburgh University Press

Milkov, N. (Hrsg.) (2021), Hermann Lotze, Medizinische Psychologie oder Physiologie der Seele, Heidelberg–Berlin: Springer Spektrum Verlag, Reihe „Klassische Texte der Wissenschaft“, 2021. ISSN: 2522-865X; IBSN 978-3-662-62983-3

Milkov, N. (2021), “The Berlin Group and the Society for Scientific Philosophy”, in: Thomas Uebel and Christoph Limbeck-Lilienau (eds.), The Handbook of Logical Empiricism, London: Routledge, 2021, pp. 118 – 126.

Milkov, N. (2021), “Kurt Grelling and the Idiosyncrasy of the Berlin Logical Empiricism”, in: Logical Empiricism and the Physical Sciences: From Philosophy of Nature to Philosophy of Physics, Edited by Sebastian Lutz and Ádám Tamás Tuboly, London: Routledge, 2021, pp. 64 – 83.

Milkov, N. (2021), “Hermann Lotze Philosophie der Psychologie“, in: Hermann Lotze, Medizinische Psychologie oder Physiologie der Seele, hrsg. von Nikolay Milkov, Heidelberg: Springer Spektrum Verlag, Reihe „Klassische Texte der Wissenschaft“, 2021, S. 1 – 28.

Milkov, N. (2021), “The Encyclopedic Stance of Kant’s Transcendental Philosophy“, in: Camilla Serck-Hanssen and Beatrix Himmelmann (eds.), Proceedings of the 13th International Kant Congress: The Court of Reason (Oslo, 6–9 August 2019), Berlin: de Gruyter, 2021, 347 – 56.

Milkov, N. (2021), “Strange bedfellows: Hegel’s dialectics and the method of the early analytic philosophy“, in: Hegel-Jahrbuch, Bd. 2021, Heft II, Hegels Enzyklopädisches System und sein Erbe, pp. 227 – 34.

Peckhaus, V. (2021), „Technikphilosophie“, Staatslexikon. Recht, Wirtschaft, Gesellschaft, Bd. 5: Schule – Virtuelle Realität, 8., völlig neu bearbeitete Aufl., Verlag Herder: Freiburg/Basel/Wien, 983 – 991.

Peckhaus, V.: 5 Rezensionen für Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete.

Peckhaus, V.: 4 Rezensionen für Mathematical Reviews.

Reichenberger, A. (2021), „Der Matilda-Effekt in der Philosophiegeschichte der Mathematik. Beispiele, Herausforderungen und Perspektiven.“ In: R. Motzer und A. Blunck, Hgg.: Mathematik und Gender: Berichte und Beiträge des Arbeitskreises Frauen und Mathematik, Bd. 7. Berlin: Franzbecker, 42 – 58.

Reichenberger, A. (2021), “Émilie Du Châtelet on Space and Time.” In: A-L. Rey, ed.: L’épistémologie et à la philosophie des sciences d’Emilie du Châtelet. Sonderausgabe von Revue d’histoire des sciences 74/2, 331 – 355.

Reichenberger, A. (2021), “Philosophie und Physik. Zur Aktualität Grete Hermanns.” In: K. Herrmann und B. Schwitzer, Hgg.: Kantisches Denken in der Tradition von Jakob Friedrich Fries und Leonard Nelson im 20. Jahrhundert: Wirkungen und Aktualität. Stuttgart: Springer-Verlag GmbH J.B. Metzler.

Reichenberger, A. (2021), “Rózsa Péter on the Philosophy and Foundations of Mathematics:

A Reappraisal.” In: J. Peijnenburg and S. Verhaegh, eds.: Women in the History of Analytic Philosophy. Cham: Springer.

Reinhart, M. (2021), “Logik” Lexikonartikel in: Schopenhauer-Lexikon. Hg.: Jens Lemanski und Daniel Schubbe. Reihe UTB Brill.

Reinhart, M. (zusammen mit Jens Lemanski) (2021), “Mathematik” Lexikonartikel in: Schopenhauer-Lexikon. Hg.: Jens Lemanski und Daniel Schubbe. Reihe UTB Brill.

Reinhart, M. (2021), “Wissenschaft” Lexikonartikel in: Schopenhauer-Lexikon. Hg.: Jens Lemanski und Daniel Schubbe. Reihe UTB Brill.

Reinhart, M. (in Vorbereitung), “Arthur Schopenhauer und das Manifest des Wiener Kreises. Argumente einer logisch-empiristischen Wissenschaftstheorie”. In: Akten des Jubiläumskongresses der Schopenhauer-Gesellschaft Frankfurt am Main 23. – 26. 10. 2019. Hg.: Dieter Birnbacher und Matthias Koßler.

Reinhart, M. (in Vorbereitung), “Leibniz Has a Dream. Philosophy as a Social Techné”. In: Sammelband zur Münsterschen Vorlesung 2019 mit Sally Haslanger. Hg.: B. Gotzes, A. Kahmen, L. Kipper, K. Stoppenbrink Springer.

Reinhart, M. (in Vorbereitung), Rezension von Vincenzo De Risi (Hg.), Leibniz and the Structure of Sciences. Modern Perspectives on the History of Logic, Mathematics, Epistemology. Springer 2020. In: «Lo Sguardo» 32 (01/2021). Trajectories of a Multifaceted Mind. Leibniz and His Post-Idealist Legacy (from 1850 up to nowadays) / Traiettorie di una mente multiforme. Leibniz e la sua eredità post-idealistica (dal 1850 a Oggi). Hg.: Lucia Oliveri und Osvaldo Ottaviani.

Patente, Preise, Auszeichnungen Patents, prizes, awards

Stipendium der Herz Stiftung für das Jahr 2021-2022 im Rahmen des Projekts „Hermann Lotze 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).

Messen, Tagungen, Seminare Fairs, conferences, seminars

Workshop mit Catarina Dutilh Novaes zu "Human and Social Aspects in Logic", Universität Paderborn

24. – 25. Juni 2021

Workshop mit Robert Brandom zu "Robert Brandom's A Spirit of Trust from a Logical Point of View", Universität Paderborn

14. – 15. Juli 2021

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 Comitè 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 Projekte
- Mitwirkung im Editionsprojekt Oskar Becker, gefördert durch die DFG (Volker Peckhaus)
- Mitwirkung an der Neuausgabe der Logik von Immanuel Kant (Akademieausgabe)
- Mitherausgeber von David Hilbert/Paul Bernays, Grundlagen der Mathematik
- Herausgabe der Werke von Paul Bernays (Mitwirkung)
- Phänomen und Konstrukt. Oskar Beckers

Philosophie der Mathematik (Eigenprojekt
Ronny Becker)

Aktuelle Forschungsprojekte Current research projects

"Gender & Mathematik: Gendering Mint Digital. Open Educational Resources"

Die Lerneinheit „Gender & Mathematik“ entstand in Kooperation mit dem am Zentrum für transdisziplinäre Geschlechterstudien der Humboldt Universität zu Berlin angesiedelten Teilprojekt II von Gendering MINT digital – Open-Science aktiv gestalten (BMBF, 2017-2020) unter Leitung von Prof. Dr. Sigrid Schmitz und ging 2021 als OER-Material (Open Educational Resources) in neuem Layout online. URL: <https://www2.hu-berlin.de/gendering-mintdigital/>

Förderer: BMBF

Laufzeit: 2017–2020

Impressum

Herausgeber

Heinz Nixdorf Institut
Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler (Vorstandsvorsitzender)

Redaktion & Koordination

Dipl.-Medienwiss. Franziska Reichelt
Telefon: +49 5251 | 60 62 13
Anna Steinig, M.A.
Telefon: +49 5251 | 60 62 09
E-Mail: redaktion@hni.upb.de

Kontakt

Kerstin Hille
Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
Fürstenallee 11
33102 Paderborn
Telefon: +49 5251 | 60 62 11

Auflage

500 Exemplare

Realisierung und Herstellung

Franziska Reichelt, Anna Steinig

Bildnachweise

Cover: 1. Reihe 1. Bild, 2. Reihe 2. Bild, 4. Reihe, 5. Reihe, 6. Reihe
1. Bild: © Universität Paderborn/Besim Mazhiqi; 2. Reihe 1. Bild:
© iStock/NatalyaBurova; 3. Reihe 1. Bild: © AdobeStock/
elenabsl; 6. Reihe 2. Bild: © AdobeStock/zapp2photo
Seiten 12/13: © Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey
Nivens, Maksim Kabakou
Seiten 12/13, 18/19, 42/43, 45: © AdobeStock/Gorodenkoff
Seiten 44, 46, 47: © it's OWL
Seiten 38/39, 40, 41: © Fraunhofer IEM
Seite 49: © Claas
Seiten 62/63: © iStock/NatalyaBurova
Seite 66: © Universität Paderborn/Frauke Doell
Seiten 16/17, 22/23, 24/25, 32/33, 34/35, 36/37, 52, 53, 56,
72, 84, 92, 93, 96, 108, 122, 124/125, 134, 146, 154:
© Universität Paderborn/Besim Mazhiqi
Seiten 74/75: © AdobeStock/zapp2photo
Seiten 76, 77: © Dumitrescu, R.; Albers, A.; Riedel, O.; Stark, R.;
Gausemeier, J. (Hrsg.): Engineering in Deutschland – Status quo in
Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems
Engineering, Paderborn, 2021
Seiten 86/87: © Freepik.de
Seiten 98/99, 100, 102, 103, 106, 107: © Michael Adamski
Seiten 136/137: © AdobeStock/elenabsl
Seiten 148/149: © Volker Peckhaus

Druck

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

Berichtszeitraum

1. Januar bis 31. Dezember 2021

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
Phone: +49 5251 | 60 62 13
Anna Steinig, M.A.
Phone: +49 5251 | 60 62 09
E-mail: redaktion@hni.upb.de

Contact

Kerstin Hille
Heinz Nixdorf Institute
Paderborn University
Fürstenallee 11
33102 Paderborn
Phone: +49 5251 | 60 62 11

Circulation

500 Copies

Realisation and production

Franziska Reichelt, Anna Steinig

Picture credits

Cover: 1st row 1st picture, 2nd row 2nd picture. 4th row, 5th row, 6th.
row 1st picture: © Paderborn University/Besim Mazhiqi; 2nd row 1st
picture: © iStock/NatalyaBurova; 3rd row 1st picture: © AdobeStock/
elenabsl; 6th row 2nd picture: © AdobeStock/zapp2photo
Pages 12/13: © Adobe Stock/Edelweiss, igvik, Beboy, Sergey
Nivens, Maksim Kabakou
Pages 12/13, 18/19, 42/43, 45: © AdobeStock/Gorodenkoff
Pages 44, 46, 47: © it's OWL
Pages 38/39, 40, 41: © Fraunhofer IEM
Page 49: © Claas
Pages 62/63: © iStock/NatalyaBurova
Page 66: © Universität Paderborn/Frauke Doell
Pages 16/17, 22/23, 24/25, 32/33, 34/35, 36/37, 52, 53, 56,
72, 84, 92, 93, 96, 108, 122, 124/125, 134, 146, 154:
© Paderborn University/Besim Mazhiqi
Pages 74/75: © AdobeStock/zapp2photo
Pages 76, 77: © Dumitrescu, R.; Albers, A.; Riedel, O.; Stark, R.;
Gausemeier, J. (Hrsg.): Engineering in Deutschland – Status quo in
Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems
Engineering, Paderborn, 2021
Pages 86/87: © Freepik.de
Pages 98/99, 100, 102, 103, 106, 107: © Michael Adamski
Pages 136/137: © AdobeStock/elenabsl
Pages 148/149: © Volker Peckhaus

Printed by

Druckerei Lindhauer | Zur alten Kapelle 15
33129 Delbrück | www.lindhauer.de

Period of review:

1 January until 31 December 2021

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

www.hni.uni-paderborn.de

Fuerstenallee 11
33102 Paderborn
Phone: +49 5251 | 60 62 11
E-mail: hni@hni.upb.de

www.hni.uni-paderborn.de/en