



Aktuelle Informationen aus dem Fraunhofer IEM finden Sie auf unserer Website unter [www.iem.fraunhofer.de](http://www.iem.fraunhofer.de) oder auf unseren Social Media-Kanälen.



Fraunhofer-Institut für  
Entwurfstechnik Mechatronik IEM

Jahresbericht

**2017**



# Vorwort des Direktoriums

Die 100 ist voll und wir haben ein eigenes Institutsgebäude – das sind unsere herausragenden Ereignisse 2017! Im August letzten Jahres durften wir unsere 100. Mitarbeiterin begrüßen. Ein toller Meilenstein in unserem ersten Jahr als Fraunhofer-Institut der Innovationsregion Ostwestfalen-Lippe. Ferner konnten wir uns darüber freuen, dass wir zum Oktober die Zukunftsmeile 1 durch die Fraunhofer-Gesellschaft erworben haben und nun zu unserem Institutsgebäude ausgestalten. Unser Dank gilt in diesem Zuge der Bundes- und Landesregierung sowie der Universität Paderborn für die unkomplizierte und kooperative Unterstützung in diesem Prozess. Nur logisch, dass wir uns bei der Weiterentwicklung der Zukunftsmeile auch weiterhin einbringen werden und daher auch in die Zukunftsmeile 2 investieren wollen. Mit dem Heinz Nixdorf Institut, unserem Partnerinstitut, in direkter Nachbarschaft ist und Paderborn einfach ein hervorragender Standort für uns.

Mit einem eigenen Gebäude endet aber nicht die Entwicklung eines Forschungsinstituts, sondern fängt erst richtig an. Ein Jahr vollwertiges Fraunhofer-Institut heißt für uns, die Forschungsbereiche und Leistungsangebote zu erweitern und Administration, Marketing und Personalentwicklung stetig weiter zu professionalisieren. Ein spannender Weg, der dank unserer engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf einem sehr guten Stand ist.

In der Forschung und Praxis steht die Digitalisierung weiterhin voll im Fokus, umfassender als wir es vielleicht vor

sieben Jahren ahnen konnten. So beschäftigen wir uns seit letztem Jahr nun auch stärker mit der Digitalisierung der Städte und Kommunen; ein nicht weniger herausfordernder Prozess im Vergleich zu den Projekten mit unseren klassischen Industriepartnern. Und da Paderborn Lead-Standort in der digitalen Modellregion OWL werden soll, helfen wir gerne mit. Letztlich profitieren alle davon, die in Paderborn leben oder arbeiten.

Auch der Spitzencluster it's OWL wird unsere Arbeit weiter prägen und bereichern. In den nächsten fünf Jahren wird er von der nordrhein-westfälischen Landesregierung mit gut 53 Millionen € gefördert. Hier werden wir mit unserer Expertise dazu beitragen, den spannenden Projekten mit unseren regionalen Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft zum Erfolg zu verhelfen. Gleichzeitig streben wir danach, unsere Aktivitäten auch über Ostwestfalen-Lippe hinaus deutschlandweit zu verstärken.

Eine sehr wichtige Rolle spielen unsere Führungskräfte in den Abteilungs- und Gruppenleitungen. Ihnen gelingt es, unsere Ideen und Visionen nicht nur umzusetzen, sondern sie zusammen mit ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zielstrebig weiterzuentwickeln. Getragen von diesem Teamspirit schauen wir motiviert und voller Zuversicht ins Jahr 2018. Wir sind sicher, unsere Ziele zu erreichen, und sprechen an dieser Stelle unseren Respekt und Dank an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus.

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler  
Institutsleiter  
Direktor Scientific Automation



Prof. Dr. Eric Bodden  
Direktor Softwaretechnik  
und IT-Sicherheit



Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
Direktor Produktentstehung





## Unser Profil

- 8 Wie die Digitalisierung die Entwurfstechniken verändert
- 10 Organisationsstruktur des Fraunhofer IEM
- 12 Das Fraunhofer IEM in Zahlen  
Kuratorium
- 14 Labore und Prüfeinrichtungen



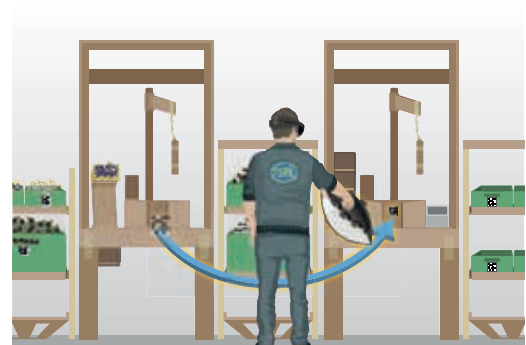
## Forschungsbereich Scientific Automation

- 32 Übersicht über den Forschungsbereich  
RoboticsLAB
- 34 Projekte und Gruppen



## Unser Netzwerk

- 16 Die Fraunhofer-Gesellschaft  
Internationale Kooperationen
- 18 Innovationsregion Ostwestfalen-Lippe  
Heinz Nixdorf Institut
- 20 Das Kompetenzzentrum Digital in NRW  
Das Technologie-Netzwerk it's OWL
- 22 Unternehmensnetzwerke  
Stimmen unserer Partner



## Forschungsbereich Produktentstehung

- 38 Übersicht über den Forschungsbereich
- 40 Projekte und Gruppen
- 47 KOMMIT e.V.

# Inhalt



## Jahresrückblick 2017

24 Veranstaltungshighlights 2017

30 Sonderseite  
Industrial Data Science



## Forschungsbereich Softwaretechnik und IT-Sicherheit

48 Übersicht über den Forschungsbereich  
Keine Safety ohne Security by Design

50 Projekte und Gruppen

52 Auszeichnungen, Ernennungen und Preise  
Promotionen

54 Ihr Weg zu uns  
Impressum

# Wie die Digitalisierung die Entwurfstechniken verändert

1950

1960

1970

1980



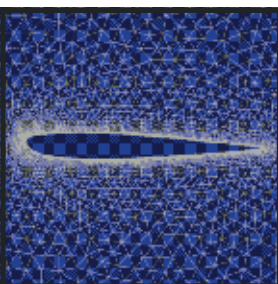
**1951 Elektronischer Rechner**  
Zeitersparnis durch die elektronische Rechenmaschine von IBM.



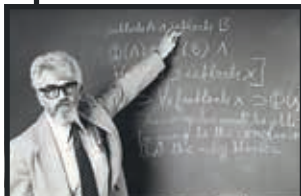
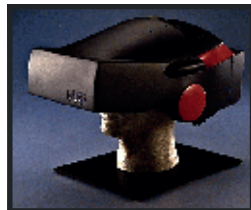
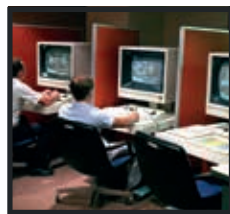
**1950 Reißbrett**  
Technische Konstruktionen werden am Reißbrett erstellt.



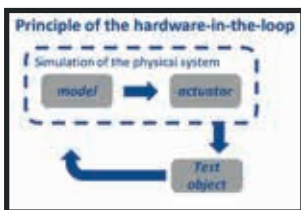
**1956 Industrieroboter**  
Der US-Amerikaner George Devol entwickelt den ersten Industrieroboter namens Unimate.



**1941 FEM**  
Die frühe Arbeit zur Finite-Elemente-Methode (FEM) bildet die Grundlage für den heutigen weitreichenden industriellen Einsatz.



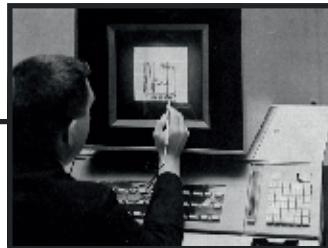
**1958 Programmiersprache LISP**  
John McCarthy galt als einer der Begründer der Künstlichen Intelligenz (KI). Im Jahr 1958 schuf er die Programmiersprache LISP, die bis heute die am weitesten verbreitete Programmiersprache für KI ist.



**1967 Hardware-in-the-Loop**  
Bei der Gemini-Mission der NASA werden Hardware-in-the-Loop-Simulationen zur Absicherung von Rechnern eingesetzt.



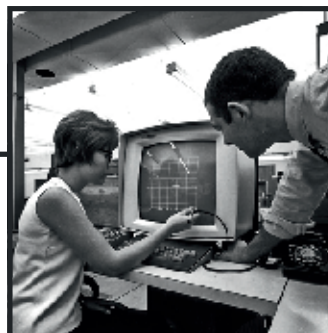
**1963 Sketchpad**  
Ivan Sutherland entwickelt den ersten Ansatz einer grafischen Schnittstelle und eines Computer Aided Designs.



**1964 DAC-1**  
Bahnbrechende Forschung führt zu einem der ersten CAD-Systeme.



**1968 Nixdorf 820**  
Rechenwerk mit eigenständigem Design und ausgestattet mit einer IBM-Kugelschreibmaschine.



**1966 Computer-aided Manufacturing**  
Anfänge der computergestützten Fertigung in großen Unternehmen der Automobil- und Luftfahrtindustrie.



**1986 Additive Manufacturing**  
Entwicklung des ersten kommerziellen 3D-Druckers inkl. Erkennung von CAD- und CAM-Informationen.



**1987 Grafische Benutzeroberfläche**  
Das Graphical User Interface (GUI) setzt sich durch und entwickelt sich zum Industriestandard.



**1984 Matlab**  
Die Software Matlab wird richtungweisend für numerische Simulationen und verbreitet sich im industriellen Einsatz.

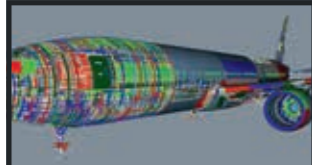




1990



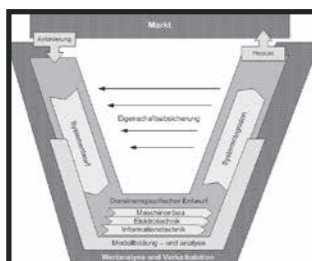
**1992 Cave Automatic Virtual Environment**  
Zur Echtzeit-Visualisierung von Wissenschaft und Kunst wurde ein Prototyp der CAVE 1992 auf der SIGGRAPH vorgestellt.



**1995 Boeing 777**  
Die Boeing 777 war das erste kommerzielle Flugobjekt, das vor seiner Produktion vollständig als CAD-Modell designed wurde (CATIA).

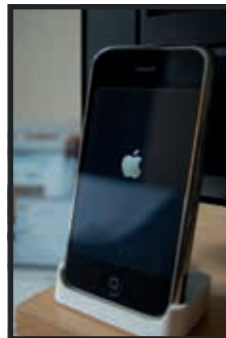


**2002 Microsoft Security Development Lifecycle**  
Als erster vollständig dokumentierter, sicherer Entwicklungsprozess inspiriert er auch heute noch die Einführung entsprechender Prozesse in Unternehmen sowie entstehende Standards zum Secure Engineering.



**2004 VDI 2206**  
Die Richtlinie zum domänenübergreifenden Entwickeln setzt neue Maßstäbe in der methodischen Unterstützung.

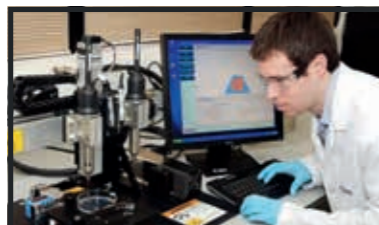
2000



**2007 Natural User Interface**  
Das 2007 erstmals präsentierte Apple iPhone, ausgestattet mit einem Multi-Touch-Display, erkennt natürliche Bewegungen wie das Weiterblättern einer Seite und lässt sich so durch Gestensteuerung bedienen.



**2007 SysML**  
Nach den Anfängen im Jahr 2001 wird 2007 die Modellierungssprache OMG SysML v 1.0 veröffentlicht.

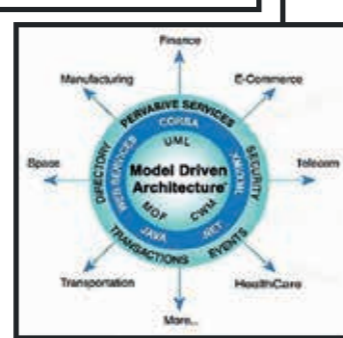


**2010 Bio 3D-Druck**  
Organovo druckt mit einem speziellen 3D-Drucker Bindegewebe- und Keratinzellen sowie Hautstücke und Blutgefäße.

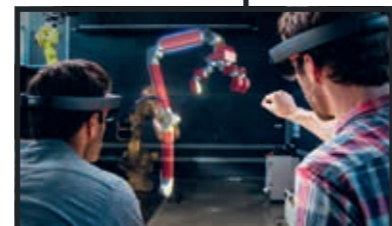


**2011 Motion Capture**  
Durch modernes Motion Capture können Echtzeitbewegungen als digitale Modelle abgebildet werden.

2010



**2016 Modellgetriebene Softwareentwicklung**  
Modellgetriebene Methoden erlauben eine effizientere Softwareentwicklung in hoher Qualität, indem ein Großteil des Quellcodes aus abstrakteren Modellen automatisch generiert wird.



**2015 Microsoft HoloLens**  
Die Augmented Reality-Brille ermöglicht es den Nutzern, 3D-Hologramme eingebettet in der realen Umgebung zu betrachten.



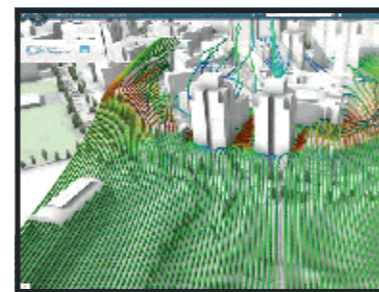
**2015 HTC Vive**  
Mit Hilfe der 360° Tracking-Technologie Lighthouse des Herstellers Valve können sich Nutzer in einer virtuellen Umgebung bewegen und dort in Echtzeit miteinander interagieren.



2017



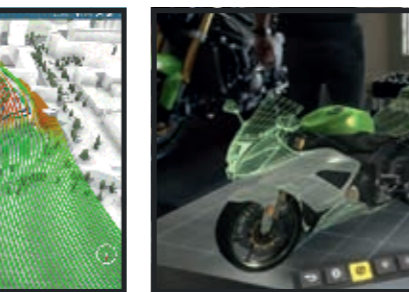
**2017 Security by Design**  
Aufbauend auf den Arbeiten von Microsoft zum Security Development Lifecycle, entwickelt das Fraunhofer IEM Methoden und Werkzeuge, die Ingenieure, Softwarearchitekten und -entwickler dabei unterstützen, softwareintensive Systeme angriffssicher zu gestalten. Hierbei wird der gesamte Softwarelebenszyklus betrachtet. Dieser beginnt bei der Anforderungsanalyse. Diese wird um Bedrohungsanalysen und architekturelle Sicherheitsanalysen erweitert, um Schutzziele und passende Schutzmaßnahmen systematisch zu erfassen. An die Begleitung einer sicheren Implementierung schließen sich Maßnahmen zum sicheren Deployment, sicheren Updates und zum Incident Response Management an.



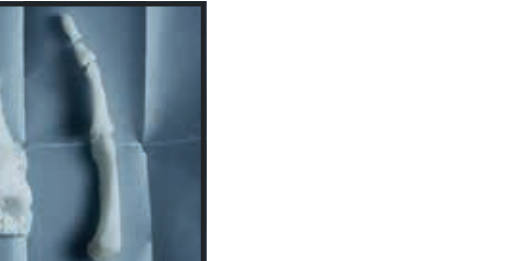
**Heute: Statische Codeanalyse**  
Integrierte Verfahren der statischen Codeanalyse erkennen automatisiert Sicherheitsschwachstellen in Software, während sie entstehen – wie eine Rechtschreibprüfung. Zudem unterbreiten Werkzeuge Vorschläge für die Behebung von Schwachstellen und generieren Teile korrekter Implementierungen.



**Heute: X-in-the-Loop-Technologien**  
Der systematische Einsatz von Entwicklungstechnologien entlang des gesamten Entwicklungsprozesses schafft neue Möglichkeiten der Durchgängigkeit von den Anforderungen über die Konzipierung bis zum Testen.



**Heute: Künstliche Intelligenz**  
Künstliche Intelligenz (KI) befindet sich zunehmend in aktuellen Produkten und somit im Alltag oder in der Produktion. Aber auch im Entwurfsprozess spielen KI-basierte Unterstützungssysteme eine zunehmend zentrale Rolle. Digitale Assistenten, die alternative Design-Optionen vorschlagen, oder Deep Learning-Algorithmen zur Generierung von Testszenarien für die Produktvalidierung, sind nur zwei Anwendungsfälle, die zeigen, dass KI die Entwurfstechnik von morgen entscheidend prägen wird.



# Organisationsstruktur des Fraunhofer IEM

Direktorium



**Prof. Dr. Eric Bodden**  
Direktor Forschungsbereich Softwaretechnik  
und IT-Sicherheit

**Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler**  
Institutsleiter  
Direktor Forschungsbereich Scientific Automation



**Abteilung  
Softwaretechnik und  
IT-Sicherheit**  
Dr. Matthias Meyer



**Abteilung  
Scientific Automation**  
Dr.-Ing. Christian Henke



**Gruppe  
Softwarelebenszyklus**  
Dr. Masud Fazal-Baqaie



**Gruppe  
Selbstoptimierung**  
Manuel Gräler



**Gruppe  
Digitale Services & Apps**  
Dr. Matthias Becker



**Gruppe  
Automatisierungstechnik**  
Dr.-Ing. Christian Henke



**Gruppe  
IoT-Systeme**  
Dr. Matthias Meyer



**Gruppe  
Fahrzeugtechnik**  
Christopher Lankeit



**Gruppe  
Smart Home**  
Jan Michael



Verwaltung  
Michael Grafe



Marketing und  
Kommunikation  
Sabrina Donnerstag

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
Direktor Forschungsbereich Produktentstehung



Abteilung  
Produkt- und Produk-  
tionsmanagement  
Dr.-Ing. Arno Kühn



Abteilung  
Produktentwicklung  
Dr.-Ing. Harald Anacker



Abteilung  
Digital Engineering  
and Collaboration

Gruppe  
Digital Engineering  
Dr.-Ing. Lydia Kaiser



Gruppe  
Innovations-  
management  
Daniel Röltgen



Gruppe  
Integrierte mecha-  
tronische Systeme  
Dr.-Ing. Christoph  
Jürgehake



Abteilung  
Digital Engineering  
and Collaboration

Gruppe  
Smart Collaboration  
Dr.-Ing. Christian Tschirner



Gruppe  
Produktions-  
management  
Sebastian von Enzberg



Gruppe  
Produkt-Service-  
Systeme  
Dr.-Ing. Thorsten  
Westermann



Gruppe  
Mensch-Technik-  
Interaktion  
Dr.-Ing. Harald Anacker

# Das Fraunhofer IEM in Zahlen

## Mitarbeiterentwicklung 2017

Im Jahr 2017 waren insgesamt 176 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für das Institut tätig. Von den 103 festgestellten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern waren 75% im wissenschaftlichen Bereich tätig. Diese wurden von 26 technischen und administrativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unterstützt.

2013	2014	2015	2016	2017	
37	50	59	76	77	Wissenschaftliches Personal
27	34	55	57	73	Studentische Hilfskräfte
6	9	12	21	26	Technisches und administratives Personal
<b>70</b>	<b>93</b>	<b>126</b>	<b>154</b>	<b>176</b>	= Anzahl Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gesamt

## Gesamthaushalt 2017

Die Gesamtausgaben des Jahres 2017 beliefen sich auf 9,6 Mio. €, wovon 7 Mio. € als Personalaufwand und 2,3 Mio. € als Sachaufwand entstanden. In die technische Ausstattung des Instituts wurden 300 T€ investiert. Die Finanzierung des Gesamthaushalts setzt sich wie folgt zusammen:

### Industrieaufträge:

über 3,4 Mio. €, das entspricht etwa 41% der externen Erträge

### Vertragsforschung für die öffentliche Hand:

4,9 Mio. €, davon 4,5 Mio. € von Bund und Ländern

### Zuschuss aus der institutionellen Förderung des Bundes und der Länder:

1,3 Mio. €

2013	2014	2015	2016	2017	
0,0	0,0	0,0	1,1	1,3	Institutionelle Förderung
0,0	3,1	0,1	0,1	0,4	Forschungsförderung/Sonstige
2,0	2,2	3,4	3,4	4,5	Öffentliche Erträge (Bund und Länder)
1,4	1,9	2,3	3,3	3,4	Wirtschaftserträge
<b>3,4</b>	<b>4,2</b>	<b>5,8</b>	<b>7,9</b>	<b>9,6</b>	= Gesamthaushalt in Mio. €

# Das Kuratorium des Fraunhofer IEM

Das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM wird durch ein Kuratorium beraten, dem Mitglieder aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung angehören.

## Mitglieder des Kuratoriums



**Dr. Eduard Sailer**

Vorsitzender des Kuratoriums  
Ehemaliger Geschäftsführer der  
Miele & Cie. KG, Gütersloh



**Hans Beckhoff**

Geschäftsführender Gesellschafter  
Beckhoff Automation  
GmbH & Co. KG, Verl



**Steffen Bersch**

Vorstand GEA Group  
Aktiengesellschaft, Düsseldorf



**Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher**

Stellv. Institutsleiter Fraunhofer-Institut  
für Produktionstechnologie IPT, Aachen



**Carmen Gehring**

Referat 512 Produktion und  
Dienstleistung; Zukunft der Arbeit,  
BMBF, Bonn



**Annette Storsberg**

Staatssekretärin im Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf



**Dr. Carsten Linnemann**

Mitglied des Deutschen Bundestages,  
Berlin



**Wolf D. Meier-Scheuven**

Präsident Industrie- und Handels-  
kammer Ostwestfalen zu Bielefeld,  
Bielefeld



**Prof. Dr.-Ing. Mira Mezini**

Vizepräsidentin für Forschung und  
Innovation, Technische Universität  
Darmstadt, Darmstadt



**Simone Probst**

Vizepräsidentin für Wirtschafts- und  
Personalverwaltung, Universität  
Paderborn, Paderborn



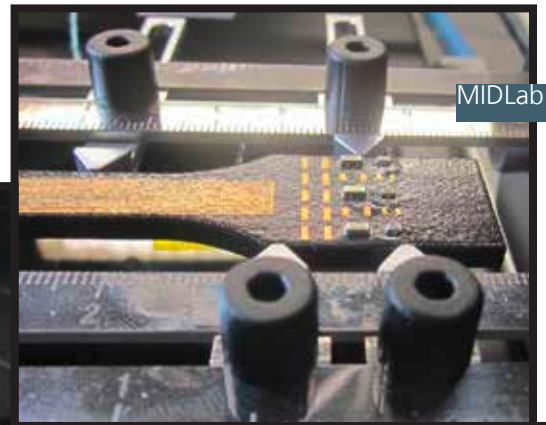
**Hans-Dieter Tenhaef**

Vorstandssprecher  
OWL Maschinenbau e.V., Bielefeld



**Jörg Timmermann**

Vorstandssprecher  
Weidmüller Gruppe, Detmold



MIDLab



Systems Engineering LIVE LAB



RoboticsLAB



HD-Visualisierungszentrum



### Systems Engineering LIVE LAB

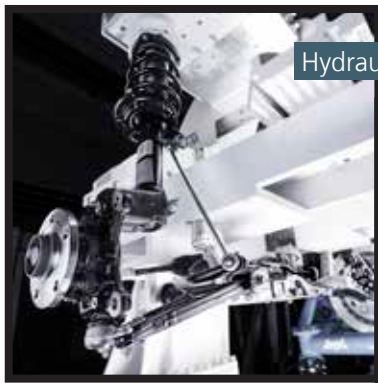
Das Systems Engineering LIVE LAB ist ein Kompetenzzentrum, in dem neueste Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung technischer Systeme erprobt, verglichen und angewendet werden. Industrie und Forschung kommen hier zusammen, um Systems Engineering (SE) praktisch zu erleben. Zu unseren Angeboten zählen SE-Schulungen und -Pilotprojekte sowie die Evaluierung und Einführung von (Model Based) Systems Engineering in Unternehmen. Als Kompetenzzentrum nutzen und schulen wir alle etablierten SE-Methoden und -Sprachen. Unsere Partner und Kunden profitieren von zahlreichen Best Practices und unserem breiten Branchen-Know-how. Als neutraler Partner begleiten wir unsere Kunden über den gesamten Prozess – von der ersten Schulung über das Change-Management bis zur erfolgreichen Einführung von Systems Engineering im Unternehmen.

Sowohl im SE LIVE LAB als auch von jedem anderen Ort der Welt aus kann vernetztes Engineering im Engineering Collaboration Network ausprobiert und weiterentwickelt werden. Dazu können Unternehmen einen Zugang zum cloudbasierten Testbed des Fraunhofer IEM erhalten, welches die 3DEXPERIENCE Plattform von Dassault Systèmes nutzt. In einem eigenen virtuellen Projektraum können unsere Kunden und Partner den durch die Digitalisierung der Produktentstehung entstehenden Nutzen für die eigene Entwicklungsarbeit testen und bewerten.

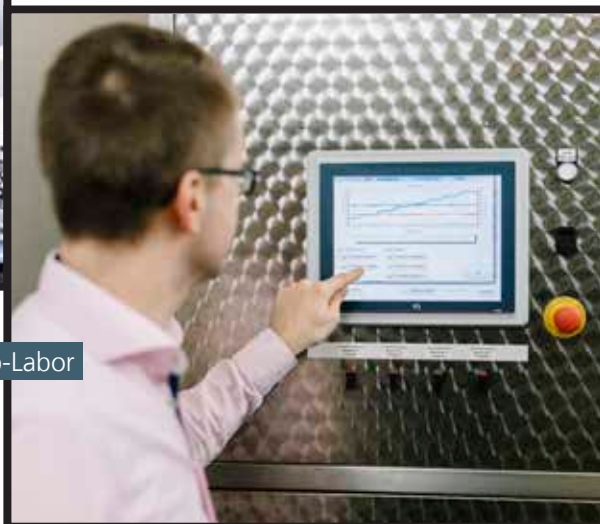


## Labore und Prüfeinrichtungen

Die Auftragsforschung bildet einen Schwerpunkt unserer Arbeit. Wir beteiligen uns an öffentlich geförderten Projekten und bieten Kunden aus der Industrie und Wirtschaft eine große Bandbreite an Dienstleistungen aus dem Bereich Forschung und Entwicklung an. Für die produkt- und anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung steht dem Fraunhofer IEM eine umfangreiche technische Infrastruktur zur Verfügung, die unsere Kompetenzen sinnvoll ergänzt.



Hydraulische Prüf- und Testumgebungen



X-in-the-Loop-Labor



Zentrum für Fahrsimulation

## MIDLab

Hohe Funktionsdichte auf kleinem Bauraum und die damit einhergehende Miniaturisierung sind wichtige Erfolgsfaktoren für das Internet der Dinge. Integrierte und drahtlose Sensorsysteme bilden dabei häufig die Grundlage. Die Technologie »Molded Interconnect Devices« (MID) eröffnet dem Design dieser Systeme den Weg in die dritte Dimension. Im MIDLab entwickeln und qualifizieren wir innovative Prototypen für integrierte mechatronische Systeme auf Basis der Technologie MID. Prototypen sind notwendig, um die Vielzahl von elektronischen, mechanischen und thermischen Wechselwirkungen sowie die starken Abhängigkeiten vom Herstellungsprozess korrekt abzuschätzen.

Interessierte Unternehmen erhalten die Möglichkeit, ihre Ideen und Produktkonzepte mit unserer Unterstützung umzusetzen – von der Designphase bis zum funktionalen Prototypen. In Zusammenarbeit mit Partnern realisieren wir auch Kleinstserien.

## HD-Visualisierungszentrum

Mit interaktiven virtuellen Prototypen machen wir im HD-Visualisierungszentrum die virtuelle Produktentstehung lebendig und Produkte für unsere Kunden erfahrbar: Lange vor Inbetriebnahme können unsere Kunden durch ein virtuelles Modell ihrer Produkte navigieren und so ein einheitliches Verständnis von diesen entwickeln. Diese frühzeitigen Design Reviews verbessern die Kommunikation im Entwicklungsprozess, und helfen, Entwicklungsfehler zu vermeiden sowie Risiken und Kosten zu reduzieren.

Wir begleiten unsere Kunden bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung solcher Design Reviews. Das HD-Visualisie-

rungszentrum unterstützt uns dabei mit den neuesten Augmented und Virtual Reality-Technologien und steht unseren Partnern aus Forschung und Industrie zur Verfügung.

## X-in-the-Loop-Labor

Moderne Entwicklungen benötigen reproduzierbare Tests unter reproduzierbaren Bedingungen entlang des gesamten Entwicklungsprozesses. Im X-in-the-Loop-Labor ist dies in integrierten Entwicklungs- und Testumgebungen möglich. Techniken wie Model-, Software-, Processor-, Hardware-in-the-Loop und Rapid-Control Prototyping werden eingebunden und unterstützen während der Entwurfs-, Integrations- und Testphasen.

Die spezifizierten Anforderungen werden bei der Komponentenentwicklung für reproduzierbare und intensive Tests erster (Teil-)Prototypen genutzt. Durch virtuelle Teilsysteme sind effiziente Entwicklungsprozesse möglich. Die X-in-the-Loop Technologien werden derzeit zur weiteren Effizienzsteigerung durch datenbasierte Methoden ergänzt.

## Hydraulische Prüf- und Testumgebungen

Mit den hydraulischen Prüf- und Testumgebungen (Hardware-in-the-Loop-Testumgebungen) können Systemkomponenten getestet und ausgelegt werden. Ein Fokus liegt hierbei auf dem Testen von Fahrwerkregelsystemen wie z. B. geregelten Federungen, Dämpfern und Stabilisatoren. Auch andere Szenarien sind in der Testumgebung denkbar: So können z. B. Prüflinge vermessen oder Lebensdauertests durchgeführt werden. Auch Parameterstudien im Rahmen von Design of Experiments sind möglich.

## Zentrum für Fahrsimulation

Das Zentrum für Fahrsimulation ist ein multifunktionales Ausbildungs-, Test- und Demonstrationszentrum. Der rekonfigurierbare Fahr Simulator ist richtungsweisend bei der Entwicklung fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme. Die Umgebung ermöglicht eine frühzeitige Funktionsabsicherung von Fahrerassistenzsystemen und deren Teilkomponenten (z. B. Kamerasystem, multimodale Sensorik etc.).

## RoboticsLab

Das zurzeit im Aufbau befindliche RoboticsLab ist zukünftiger Anlaufpunkt für die Analyse und prototypische Umsetzung innovativer Ideen aus dem Bereich der Robotik. Ausgestattet mit moderner Visualisierungstechnik, Robotern unterschiedlicher Leistungsklassen (kollaborierende Leichtbauroboter, Schwerlastroboter, eigenentwickelte Kinematiken), fahrerlosen Transportsystemen, ergänzenden Achssystemen, fortschrittlichen Fertigungs- und Handhabungssystemen sowie leistungsfähiger Steuerungstechnik, bietet es für interessierte Unternehmen vielfältige Möglichkeiten auf dem Weg zur Automatisierung der eigenen Produktion und innovativen neuen Produkten.

Dabei unterstützen wir unsere Partner und Kunden systematisch von der ersten Idee bis zum funktionsfähigen Prototypen. Neben konzeptionellen Überlegungen und der strukturierten Ermittlung von Anforderungen können Umsetzbarkeitsstudien durchgeführt sowie kundenspezifische Lösungen entwickelt werden.



# Unser Netzwerk in der Fraunhofer-Gesellschaft



## Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Mrd. €. Davon fallen knapp 2 Mrd. € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 % dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

In Fraunhofer-Verbänden organisieren sich fachlich verwandte Institute und treten gemeinsam am Markt für Forschung und Entwicklung auf. Verbände wirken in der Unternehmenspolitik und bei der Umsetzung des Funktions- und Finanzierungsmodells der Fraunhofer-Gesellschaft mit. Institute mit unterschiedlichen Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und zu vermarkten.

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

## Verbund Produktion

Der Fraunhofer-Verbund Produktion ist ein Forschungs- und Entwicklungspartner für das produzierende Gewerbe. Das Fraunhofer IEM ist eines von sieben Instituten und zwei Fraunhofer-Einrichtungen, die ein breit gefächertes Angebot an Technologien und Dienstleistungen bereitstellen, um Unternehmen fit zu machen – fit für die »Produktion der Zukunft«.

Das Fraunhofer IEM stellt hierbei insbesondere seine Kompetenzen für die modellbasierte Entwicklung selbstoptimierender, sicherer Produktionssysteme zur Verfügung, die vom Systementwurf bis zur detaillierten Ausarbeitung in den Fachdisziplinen reichen. Zusammen mit den Partnerinstituten des Verbundes arbeitet das Fraunhofer IEM unter anderem daran, eine sichere Cloud-Infrastruktur für Industrie 4.0-Lösungen aufzubauen – das Virtual Fort Knox.

## Allianz Adaptronik

Die Fraunhofer-Allianz Adaptronik beschäftigt sich mit der Entwicklung, Anwendung sowie Optimierung von intelligenten Materialsystemen und Komponenten. Durch ihre Zusammenarbeit in der Allianz wollen die Institute den Anwendern einen zentralen Ansprechpartner für die Systementwicklung anbieten und so dazu beitragen, komplexe Aufgaben der Adaptronik effizienter zu lösen.

Das Fraunhofer IEM bringt als eins von insgesamt sieben Mitgliedsinstituten sein umfassendes Know-how im Bereich von Entwurfsmethoden intelligenter technischer Systeme ein. Durch die langjährige Erfahrung im Bereich Regelungstechnik wird ein wichtiger Baustein der Adaptronik integriert. In zahlreichen Forschungs- und Industrieprojekten werden Funktionswerkstoffe und intelligente Aktuatoren untersucht und eingesetzt.

## Verbund IUK-Technologie

Mit 21 Mitgliedsinstituten ist der Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie der wichtigste Ansprechpartner im Bereich der angewandten Forschung in Informations- und Kommunikationstechnologien in Europa. Er stellt Wirtschaft und Gesellschaft Schlüsselkompetenzen zur Nutzung der Chancen und zur Bewältigung der Herausforderungen bereit, die aus der umfassenden Digitalisierung aller Lebensbereiche resultieren. Mit seinen Mitgliedsinstituten deckt er ein breites Spektrum an Technologiefeldern von den Grundlagen bis zur Praxislösung in der Informatik, Mathematik sowie Informations- und Kommunikationstechnologie ab.

Das Fraunhofer IEM bringt als eines der führenden Institute für sichere Software-Entwicklung insbesondere seine Methodenkompetenz für die sichere Entwicklung von IT-Systemen ein.



# Internationale Kooperationen

## RAISE-MED – Research Alliance for Intelligent Systems in Malaysia

Auf Grundlage einer langjährigen und erfolgreichen Zusammenarbeit hat das Fraunhofer IEM gemeinsam mit der Universiti Teknologi MARA (UiTM), der Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) und weiteren Partnern das Projekt RAISE-MED initiiert. Ziele des Projektes sind die Intensivierung des wissenschaftlichen Austauschs, die Etablierung von zwei Innovationslaboren an den Standorten der beiden Kernpartner in Malaysia sowie der Aufbau eines Innovationsnetzwerkes.

Das Projekt soll langfristig in verschiedene Beauftragungen münden, um eine Grundlage für eine Niederlassung des Fraunhofer IEM in Malaysia zu schaffen. Zur Erreichung der Ziele werden Aufenthalte von Seiten des Fraunhofer IEMs und den malaysischen Partnern durchgeführt. RAISE-MED wird bis voraussichtlich 2022 durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert.

## Projekte und Kooperationen mit Unternehmen und Universitäten in Japan

Mit den Themen »Systems Engineering« und »Digitale Assistenzsysteme für das Engineering« treibt das Fraunhofer IEM zwei international wichtige Forschungsbereiche voran – auch zusammen mit japanischen Partnern wie z. B. Nissan, Toyota, ISID (Information Services International-Dentsu, Ltd.) und der Keio University.

In einem Projekt wurden Systems Engineering-Methoden für Nissan entwickelt und in der Praxis erprobt. Mit Unterstützung des Fraunhofer IEM konnten der Entwicklungsprozess in den frühen Phasen der Produktentstehung optimiert und Potentiale für den Einsatz digitaler Assistenzsysteme identifiziert werden. Mit der renommierten Keio University in Tokio plant das Fraunhofer IEM eine langfristige Forschungskooperation, mit Toyota findet regelmäßig ein Best Practice-Austausch zum Thema Systems Engineering statt.



Feierliche Eröffnung des Projektes RAISE-MED in Kuala Lumpur: Prof. Dr. Salmiah Kasolang (UiTM), Prof. Dr. Mohamad Amri Lajis (UTHM), Prof. Ir. Dr. Hj. Abdul Rahman Omar (UiTM), Dr. Abu Bakar Mohamad Diah (Ministerium für Wissenschaft, Technologie und Innovation), Jens Brinkmann (Deutsche Botschaft Kuala Lumpur) und Prof. Dr. Roman Dumitrescu (Fraunhofer IEM und it's OWL).

Die Region Ostwestfalen-Lippe (OWL) gehört mit einem Brutto-Inlandsprodukt von 68,3 Mrd. € zu den stärksten Wirtschaftsstandorten in Europa. Familiengeführte Unternehmen im Mittelstand bieten Arbeitsplätze für rund 800.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Schwerpunkte liegen dabei im verarbeitenden Gewerbe. Im Maschinen- und Anlagenbau, der Elektro- und Elektronikindustrie sowie der Automobilzulieferindustrie erwirtschaften rund 400 Unternehmen mit 75.000 Beschäftigten einen Jahresumsatz von 17 Mrd. €.

In Nordrhein-Westfalen (NRW) ist die Region in der industriellen Wertschöpfung führend und hat ein ausgesprochen hohes Zukunftspotential. NRW gehört mit Baden-Württemberg und Bayern zu den drei wichtigsten Landesclustern in der Produktionstechnik.

## Heinz Nixdorf Institut

Das Heinz Nixdorf Institut ist ein interdisziplinäres Forschungsinstitut der Universität Paderborn. Entstanden durch das Engagement von Heinz Nixdorf, ist es das Ziel, intelligente technische Systeme zu entwickeln. Auf dem Weg zu diesen Systemen wachsen Informatik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften zusammen. Durch den Wandel von nationalen Industriegesellschaften zu einer nationalen Informationsgesellschaft eröffnen sich große Chancen und neue Leistungsbereiche, welche das Heinz Nixdorf Institut nutzt, um die Zukunft zu gestalten. Dabei wird das Forschungsprogramm entlang der beiden Dimensionen Forschungskompetenzen und Anwendungsbereiche gegliedert. Die Dimension Forschungskompetenzen verdeutlicht die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten. Die Dimension Anwendungsbereiche zeigt, wofür diese Forschungskompetenzen eingesetzt werden, um gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen zu erzeugen.

Mit Hilfe innovativer Herangehensweisen und Techniken werden kühne Konzeptionen für intelligente technische Systeme entwickelt, die anpassungsfähig und robust sind, vorausschauend handeln und benutzerfreundlich konzipiert sind. Daraus ergeben sich Impulse für intelligente technische Systeme und entsprechende Dienstleistungen für die globalen Märkte von morgen. Um dem multidisziplinären Charakter intelligenter technischer Systeme besonders gut gerecht zu werden, sucht das Heinz Nixdorf Institut Kooperationen mit Wissenschaftlern aus den Bereichen der Wirtschafts-, Natur- und Geisteswissenschaften. Wesentliche Entwurfsziele für

NRW belegt zudem in der Studie »European Cities and Regions of the Future 2016/17« Platz 3 in der Kategorie Wirtschaftspotential und Platz 1 insgesamt unter den 25 Zukunftsregionen Europas.

Erfolgsfaktoren für OWL sind die hohe Kooperationskultur sowie die umfangreichen Kompetenzen im Kontext Digitalisierung. Unternehmen und Forschungseinrichtungen arbeiten eng zusammen, um praxisnahe Lösungen für den Mittelstand zu entwickeln. In Ergänzung zu den Aktivitäten des Spitzenclusters it's OWL werden unter der Koordination der OstWestfalenLippe GmbH im Rahmen des Handlungskonzepts »OWL 4.0 – Wir gestalten unser Morgen« in zehn Projekten mit 150 Partnern die Potenziale der digitalen Transformation erschlossen. Dabei geht es um die Bereiche Gesundheit, Lebensmittel, Energie und Bauen sowie die Daseinsvorsorge im ländlichen Raum.

## HEINZ NIXDORF INSTITUT UNIVERSITÄT PADERBORN

technische Systeme von morgen sind dabei Ressourceneffizienz, Usability und Verlässlichkeit. Um diese Entwurfsziele zu erreichen, werden zunehmend Ansätze integriert, die in der Vergangenheit separat betrachtet wurden, wie beispielsweise Cloud Computing, Maschinelles Lernen und Cyber-Physical Social Systems.

Als führendes Forschungsinstitut gibt das Heinz Nixdorf Institut entscheidende Impulse für die Praxis. Die Fachgruppen des Heinz Nixdorf Instituts beteiligen sich mit Lehrveranstaltungen an einer wissenschaftlich anspruchsvollen und praxisrelevanten Ausbildung der Studierenden der Universität Paderborn. Innerhalb der Lehre und Ausbildung von Studierenden, Doktorandinnen und Doktoranden engagiert sich das Institut intensiv, um den Nachwuchskräften die notwendigen Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen zu vermitteln. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erkennen auch Probleme von morgen frühzeitig und arbeiten an deren Lösung. Pro Jahr promovieren hier etwa 20 Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler. Die Forschungsarbeit der neun Professorinnen und Professoren und insgesamt 130 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter orientiert sich an dem Programm »Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen«.

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

---

*Am Heinz Nixdorf Institut wird ein Industrie 4.0-Transportdemonstrator entwickelt. Die Transportroboter verfügen über keine zentrale Steuerung, sondern sprechen sich individuell ab, um sich für eine hochdynamische »on-the-fly-Produktübergabe« zu synchronisieren.*





## Wir ermöglichen die intelligente Produktion: mit Spezialisten aus OstWestfalenLippe.

Innovationstreiber für Industrie 4.0 und die intelligente Produktion: Über 200 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Organisationen haben sich im Technologie-Netzwerk it's OWL zusammengeschlossen; darunter maßgebliche Wegbereiter der vierten industriellen Revolution. Das Ergebnis: Lösungen, die heute die Produktion verändern – und morgen die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland sichern. [www.its-owl.de](http://www.its-owl.de)

Wir sind dabei.

# Das Kompetenzzentrum Digital in NRW

Seine langjährige Erfahrung mit dem Mittelstand bringt das Fraunhofer IEM in »Digital in NRW – Das Kompetenzzentrum für den Mittelstand« ein. Seit mehr als zwei Jahren werden kleine und mittlere Unternehmen (KMU) erfolgreich auf dem Weg zur Industrie 4.0 begleitet. Fragen werden beantwortet, Zweifel genommen, aber vor allem werden umsetzbare Lösungen geschaffen. Zahlreiche Unternehmen haben an unseren Veranstaltungen, Workshops und unternehmensindividuellen Angeboten teilgenommen und in direkten Gesprächen mit unseren Experten Digitalisierungsstrategien für die Umsetzung entwickelt.

Mit rund **55** Kooperationspartnern aus dem Rheinland, der Metropole Ruhr und der Region Ostwestfalen-Lippe konnten bereits **352** unternehmensspezifische Leistungen bei kleinen und mittleren Unternehmen umgesetzt und dabei rund **14.500** KMU-Vertreter erreicht werden.



## Highlights 2017

### Fachgruppe Industrie 4.0

Das zweite Treffen der Fachgruppe Industrie 4.0 bei BENTELER stand ganz unter dem Thema »Aus Daten Mehrwerte generieren«. Potenziale der Analyse und Aufbereitung von Daten in der Produktion wurden erläutert. Besonders auch Hemmnisse und Hürden für kleinere Betriebe wurden thematisiert. Auf einer Industrie 4.0-Messe lernten die rund 70 Teilnehmerinnen und Teilnehmer anschließend Lösungen für Data Analytics in der Praxis kennen.



### AR & VR Experience Day

Beim »AR & VR Experience Day« erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen Einblick in aktuelle Entwicklungen und Anwendungsfelder der Technologien Augmented sowie Virtual Reality und konnte dabei in »digitale Realitäten« eintauchen. Das Fraunhofer IEM stellte unter anderem die Entwicklung einer Industriezentrifuge mittels Augmented Reality vor. Aufgrund der sehr hohen Nachfrage fand die Veranstaltung in 2017 zweimal statt.



### Potentiale erkennen und nutzen

Mithilfe von Potentialanalysen die unternehmensspezifischen Potentiale identifizieren, priorisieren und einen Fahrplan für die nächsten Schritte zur Digitalisierung aufstellen – diesen Weg sind bereits acht Unternehmen in Ostwestfalen-Lippe gegangen. So auch die HJS GmbH aus Salzkotten: In einem mehrtägigen Workshop wurden verschiedene Industrie 4.0-Ansätze priorisiert und die nächsten Schritte für die Umsetzung geplant.



#### Ansprechpartner

Dr.-Ing. Arno Kühn  
arno.kuehn@iem.fraunhofer.de

Mittelstand-  
Digital

Gefördert durch:  
  
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das Kompetenzzentrum ist Teil der Förderinitiative »Mittelstand 4.0 – Digitale Produktions- und Arbeitsprozesse«, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird.

# Das Technologie-Netzwerk it's OWL

Im Technologie-Netzwerk »it's OWL – Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe« entwickeln über 200 Unternehmen und Forschungseinrichtungen gemeinsam Lösungen für intelligente Produkte, Dienstleistungen und Produktionssysteme. Ausgezeichnet im Spitzencluster-Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gilt it's OWL als eine der größten Initiativen für Industrie 4.0. Durch umfangreiches Engagement im Spitzencluster it's OWL hat das Fraunhofer IEM eine tragende Rolle im Innovations-Ökosystem der Region Ostwestfalen-Lippe übernommen.

## Querschnittsprojekte als Basis

Die Technologiekonzeption von it's OWL sah bisher fünf Querschnittsthemen vor, an denen die Forschungseinrichtungen der Region gemeinsam gearbeitet haben. Das Fraunhofer IEM war Konsortialführer des Querschnittsprojekts »Systems Engineering« und hat in den vergangenen fünf Jahren das Thema »Neue Entwicklungsmethoden für intelligente Systeme« mit weiteren Partnern vorangetrieben. Ein wesentlicher Schwerpunkt war die Methodenanpassung an die Bedarfe von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Unter anderem wurden dafür ein Schulungsangebot und eine Erfahrungsaustauschgruppe für KMU zu diesem Thema entwickelt und erfolgreich etabliert. Das Fraunhofer IEM war außerdem an den Querschnittsprojekten »Selbstopтимierung«, »Intelligente Vernetzung« und »Mensch-Maschine-Interaktion« beteiligt.

## Technologietransfer durch Zusammenarbeit

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor von it's OWL ist der wirkungsvolle Technologietransfer durch die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und der Industrie in Ostwestfalen-Lippe. Hierzu gibt es langfristig angelegte Innovationsprojekte sowie Transferprojekte, in denen durch fokussierte Kooperationen schnell Lösungen implementiert werden können. Das Fraunhofer IEM führte eine Vielzahl von Innovations- und Transferprojekten mit Unternehmen der Region durch.

## Nachhaltige Einleitung des digitalen Wandels

Auch die Nachhaltigkeitsmaßnahmen zu acht verschiedenen Themen wie Weiterbildung, strategische Vorausschau oder Unternehmensgründungen sind wichtiger Projektbestandteil von it's OWL.

Das Fraunhofer IEM hat in diesem Kontext zum Beispiel die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt untersucht. In sechs Unternehmen wurden Modellprojekte gestartet, in denen verschiedene Unternehmensbereiche von der Leitung bis zur Gewerkschaft zusammenarbeiteten. Die Ergebnisse und Erfahrungen wurden in einem Whitepaper veröffentlicht.

## Strategische Neuausrichtung und Weiterführung

Der Spitzencluster it's OWL ist 2017 im fünften Jahr und hat damit das Ende der initialen Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) erreicht. In den vergangenen Jahren ist der Spitzencluster zu einem national und international wahrgenommenen Innovationshub für Industrie 4.0 aus Ostwestfalen-Lippe gewachsen. 2017 wurde eine Strategie für weitere fünf Jahre entwickelt, da die Weiterführung des Clusters für Wirtschaft, Forschung und Politik ein wesentliches, gemeinsames Ziel ist.

Das Fraunhofer IEM beteiligt sich an der strategischen Neuausrichtung und der Entwicklung neuer Projekte. Dazu wurden Themen auch aus Handlungsfeldern abseits der klassischen, industriellen Produktion definiert. Hierzu gehören digitale Dienstleistungen (Smart Services), Plattformen, Geschäftsmodelle und Unternehmensgründungen. Derzeit werden in einem Arbeitsschuss neue Projekte konzipiert. Beispiele für bereits definierte Leitprojekte sind »Digitale Plattformen für den B2B-Sektor« sowie »Künstliche Intelligenz für die Produktion. Der Arbeitsausschuss besteht aus Vertretern der Unternehmen als auch der Forschungseinrichtungen.



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

Auf dem OWL-Gemeinschaftsstand präsentieren 45 Aussteller während der Hannover Messe neue Lösungen für Künstliche Intelligenz, Smart Services und die Arbeitswelt der Zukunft.



### Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
[roman.dumitrescu@iem.fraunhofer.de](mailto:roman.dumitrescu@iem.fraunhofer.de)

# Aktive Mitgliedschaften in Unternehmensnetzwerken



Das Fraunhofer IEM engagiert sich aktiv in regionalen und überregionalen Unternehmensnetzwerken, die das Ziel einer überbetrieblichen Kooperation und des Wissenstransfers insbesondere im Umfeld der mechatronischen Produktentstehung verfolgen. Zu den Aktivitäten des Fraunhofer IEM gehören die Organisation und Unterstützung von Netzwerkveranstaltungen, die Vermittlung und Pflege von Kontakten sowie die Initiierung von Kooperationen.

## Security-Arbeitsgruppe der OPC Foundation

Die OPC Foundation entwickelt Datenübertragungsstandards für herstellerunabhängige, plattformübergreifende, sichere und zuverlässige Interoperabilität in der Industrieautomation. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden OPC UA-Spezifikationen entwickelt, deren sichere Anwendung Unternehmen allerdings vor Herausforderungen stellt. Eine Security-Arbeitsgruppe der OPC Foundation erarbeitet unter der Leitung des Fraunhofer IEM Best Practices und Richtlinien, damit Anwender typische OPC UA Anwendungsfälle sicher betreiben können.

[opcfoundation.org](http://opcfoundation.org)

## VDE-Fachausschuss »Mechatronisch Integrierte Baugruppen«

Die VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM) unterstützt die Organisation von Fachtagungen und Workshops und leistet fachliche Arbeit in ca. 45 Fachausschüssen. Der Schwerpunkt des Fachausschusses »Mechatronisch Integrierte Baugruppen« ist die Erarbeitung von VDE-Richtlinien für die Produktion von Molded Interconnect Devices (MID). Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu ist Vorsitzender des Fachausschusses. Er wird fachlich und administrativ von Dr.-Ing. Christoph Jürgehake unterstützt.

[vde.com/de/gmm](http://vde.com/de/gmm)

## OWL ViProSim

OWL ViProSim (Virtual Prototyping & Simulation OstWestfalenLippe) unterstützt vor allem mittelständische Unternehmen der Region beim Erwerb von Anwendungswissen über Virtual Prototyping & Simulation im Entwicklungs- und Produktionsplanungsprozess. Das Netzwerk organisiert Fachgespräche, Industriearbeitskreise und Fachtagungen für den intensiven fachlichen Austausch. Michael Grafe und Dr.-Ing. Peter Ebbesmeyer sind in der Geschäftsführung vertreten.

[owl-viprosim.de](http://owl-viprosim.de)

## Smart Engineering e.V.

Die Forschungsvereinigung fördert die Gemeinschaftsforschung im Themenfeld Smart Engineering. Ziel sind die Initiierung und Begleitung von Forschungsprojekten vor allem kleiner und mittelständischer Unternehmen, unterstützt durch ein starkes Kooperationsnetzwerk aus Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu ist in seiner Rolle als Mitglied im it's OWL Clustermanagement im Beirat der Vereinigung.

[fv-smartengineering.org](http://fv-smartengineering.org)

## GfSE e.V.

Die Gesellschaft für Systems Engineering e.V. fördert Wissenschaft und Bildung im Bereich des Systems Engineering in Industrie, Forschung und Lehre. Sie partizipiert an den Aktivitäten von INCOSE auf europäischer und internationaler Ebene und bietet ein deutschsprachiges Dienstleistungsangebot zum Systems Engineering (SE) an. Neben der größten deutschsprachigen SE-Konferenz »Tag des Systems Engineering« (TdSE) sind bspw. das Tool Vendor Project oder das Zertifizierungsprogramm SE-ZERT® zu nennen. Das Fraunhofer IEM ist Partner beim TdSE, Dr.-Ing. Christian Tschirner ist zudem im Vorstand der GfSE.

[gfse.de](http://gfse.de)

## Zukunftsallianz Maschinenbau

Das Innovationsnetzwerk stärkt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen des Maschinenbaus und der industriellen Automatisierungstechnik im globalen Wettbewerb. Im Fokus stehen Produkt- und Serviceinnovationen sowie Potentiale zur Effizienzsteigerung aller betrieblichen Kernprozesse. Das Fraunhofer IEM ist zentraler Forschungspartner für die Themen Digitalisierung und Systems Engineering und durch Prof. Dr.-Ing. Ansgar Trächtler im Vorstand vertreten.

[zukunftsallianz-maschinenbau.de](http://zukunftsallianz-maschinenbau.de)

## VDMA-Arbeitskreis Industrial Security

Der Arbeitskreis erarbeitet Leitlinien und Arbeitshilfen für die Security in der Produktion und den Maschinen- und Anlagenbauprodukten. Teilnehmende sind Maschinen- und Anlagenbauer, Betreiber, Automatisierer, Dienstleister, Security-Spezialisten und das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Themen sind u. a. Dritt-Zertifizierung, Industrie 4.0, Safety/Security-Abhängigkeiten und Security Engineering. Prof. Dr. Eric Bodden unterstützt den Arbeitskreis durch seine Expertise im Security Engineering mit einem speziellen Fokus auf Security by Design.

[industrialsecurity.vdma.org](http://industrialsecurity.vdma.org)

## 3-D MID e.V.

Ziel der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V. ist die Förderung und Weiterentwicklung der Technologie Molded Interconnect Devices (MID). Der Verein führt Projekte zur Gemeinschaftsforschung durch, fördert den Erfahrungsaustausch der Mitglieder und regt die Umsetzung neuer technischer Möglichkeiten an. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen werden unterstützt. Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu ist als Mitglied des Forschungsbeirats des 3-D MID e.V. maßgeblich für die Weiterentwicklung der Technologie verantwortlich.

[3d-mid.de](http://3d-mid.de)

## OWL Maschinenbau

Das Branchen- und Innovationsnetzwerk hat es sich zur Aufgabe gemacht, die wirtschaftliche und technologische Vorreiterstellung der Region OstWestfalenLippe im internationalen Wettbewerb zu stärken.

[owl-maschinenbau.de](http://owl-maschinenbau.de)

# Stimmen unserer Partner



»Aktive Fahrwerkssysteme stellen eine entscheidende Komponente zur bestmöglichen Spreizung zwischen Fahrdynamik und Fahrkomfort dar. Die Experten des Fraunhofer IEM unterstützen unser Team bereits seit mehreren Jahren bei der Entwicklung von neuartigen Fahrwerksfunktionen und ermöglichen uns, durch innovative Technologien das größtmögliche Potential auszunutzen. Sowohl modellbasierte Entwicklungsmethoden als auch die umfangreiche Expertise im Umgang mit komplexen mechatronischen Systemen haben zu einem deutlichen Entwicklungsschub in der Funktionsentwicklung von aktiven Fahrwerkssystemen bei der Porsche AG beigetragen.«



Georgi Nareyko, Funktionsentwicklung Fahrdynamik, Porsche AG



»Als einer der führenden Hersteller von Kronenkorken erwarten unsere Kunden besten Service und höchste Qualität. Die Digitalisierung in der Fertigung ist Grundlage für eine durchgängige Rückverfolgbarkeit und ein umfassendes Monitoring unserer Fertigungsprozesse. Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IEM ermöglicht es uns, Digitalisierungslücken in unserer Fertigung systematisch zu identifizieren und zu schließen. Dies eröffnet uns weitere Optimierungspotentiale und bestmögliche Qualität.«



Dr. Dagmar Nowitzki, Geschäftsführende Gesellschafterin,  
Helmut Brüninghaus GmbH & Co. KG

## OSRAM

»Wir arbeiten in diversen Projekten mit dem Fraunhofer IEM zusammen, zum Beispiel im Rahmen von Technologieanalysen oder für das Internet of Things in der Lichttechnik. Das Fraunhofer IEM ist auf bemerkenswerte Art und Weise in der Lage, Komplexität in der heutigen vernetzten Welt professionell zu beherrschen. Wir sehen darin einen Wettbewerbsvorteil für uns und setzen auch in Zukunft auf die Zusammenarbeit!«



Dr.-Ing. Christoph Peitz, CEO/Director of global EINSTONE business



»Wir sind ein mittelständischer Hersteller von Sondermaschinen für die Holz-, Baustoff- und Automobilindustrie. Bei der Entwicklung der Software zur Automatisierung und Überwachung der Maschinen setzen wir auf moderne Methoden: Durch die Integration der modellgetriebenen Softwareentwicklung in unsere täglichen Arbeitsprozesse konnten wir die Qualität und Funktionalität der Software deutlich steigern. Das Fraunhofer IEM hilft uns, diesen Weg konsequent fortzusetzen und die Effizienz in unserer Softwareentwicklung weiter deutlich zu erhöhen.«



Tobias Walkenfort, Technische Leitung Automatisierung, G. Kraft Maschinenbau

# Veranstaltungshighlights 2017

## Fachgruppe Industrie 4.0

Das zweite Treffen der Fachgruppe Industrie 4.0 von »Digital in NRW – Das Kompetenzzentrum für den Mittelstand« bei BENTELER stand ganz unter dem Thema »Aus Daten Mehrwerte generieren«. Potentiale der Analyse und Aufbereitung von Daten in der Produktion wurden erläutert. Besonders Hemmnisse und Hürden für kleinere Betriebe wurden thematisiert. Während einer Industrie 4.0-Messe lernten die rund 70 Teilnehmerinnen und Teilnehmer anschließend Lösungen für Data Analytics in der Praxis kennen.

## CeBIT

Im Rahmen des Projektes »Digital in NRW – Das Kompetenzzentrum für den Mittelstand« zeigte das Fraunhofer IEM bei der CeBIT auf dem BMWi-Stand, wie die Technologie Augmented Reality (AR) bei der Produktentwicklung hilfreich sein kann. Besucher erlebten, wie durch die virtuelle Einblendung von zusätzlichen Informationen über eine AR-Brille Produkte effizienter entwickelt und getestet werden können.

## Hannover Messe

Auf der Hannover Messe 2017 zeigte das Fraunhofer IEM seine Konzepte und Ideen zum Thema Augmented Reality in der Entwicklungsarbeit. Mit der Technologie werden aktuelle virtuelle

Entwicklungsentwürfe direkt an den späteren realen Verbauplatz projiziert. Für die Entwicklungsarbeit von Ingenieuren bieten die neuen digitalen Technologien enorme Potentiale, von denen sich die Messebesucher vor Ort überzeugen konnten.

»Digital in NRW – Das Kompetenzzentrum für den Mittelstand« präsentierte auf der Messe die Lösungen aus dem Projekt »Digitalisierung im Schaltschrankbau«. Deutlich wurde, dass es bei Industrie 4.0-Lösungen nicht immer um eine komplette Umstrukturierung des Unternehmens geht. Bei der Schaltanlagenbau GmbH H. Westermann bietet bereits der Einsatz eines Tablets in der Fertigung vielfältige Vorteile für die Mitarbeiter: Durch die datendurchgängige Fertigung gestaltet sich der gesamte Arbeitsprozess effizienter und effektiver.

## Wissenschafts- und Industrieforum Intelligente Technische Systeme

Im Mai 2017 stellte das Wissenschafts- und Industrieforum Intelligente Technische Systeme in Paderborn erneut seine Bedeutung für die Fachwelt unter Beweis. Veranstaltet vom Heinz Nixdorf Institut, dem Fraunhofer IEM sowie dem Spitzencluster it's OWL bot die Veranstaltung eine attraktive Mischung aus wissenschaftlichen Beiträgen und Praxisberichten von Unternehmen. Rund 300 Teilnehmer diskutierten über Lösungen, Erfahrungen und künftige Herausforderungen auf dem Weg zur intelligenten Produktion und





informierten sich zu Umsetzungsstrategien von Industrie 4.0.

### Fachgruppe Systems Engineering

Die zunehmende Komplexität von Maschinen und Anlagen stellt Entwicklungsabteilungen vor große Herausforderungen. Im Spitzencluster it's OWL organisiert das Fraunhofer IEM seit 2014 die Fachgruppe Systems Engineering. Ziel der Treffen zu unterschiedlichen Schwerpunkten ist es, disziplinübergreifende Entwicklungsmethoden in die Praxis der ostwestfälischen Industrie zu bringen. Im Jahr 2017 traf sich die Fachgruppe zum Thema »Tools« in der Zukunftsmeile 1 und zum Thema »Agile Methoden« bei Harting Applied Technologies.

### International Spring School on Systems Engineering IS3E

Bereits zum fünften Mal war das Fraunhofer IEM Mitveranstalter der International Spring School on Systems Engineering (IS3E), die im Mai 2017 an der University of Twente stattfand. Gemeinsam mit Prof. Udo Lindemann (TUM), Prof. Josef Oehmen (DTU), Dr. Maarten Bonnema, Dr. Robin de Graaf and Dr. Mohammad Rajabali Nejad (Uni Twente) begrüßten wir Doktoranden aus der ganzen Welt für eine Woche Systems Engineering intensiv: Vorlesungen und Workshops zu Methoden wie Model-Based-Systems Engineering und Ansätzen wie Risk Management standen genauso auf dem

Programm wie die Präsentation und Diskussion der unterschiedlichen Promotionsvorhaben.

is3e.eu

### Kick-off Race&Research

In der faszinierenden Atmosphäre der Rennstrecke Bilster Berg, Bad Driburg hat das Fraunhofer IEM interessierten Kunden einen Einblick in »die Zukunft des Engineerings in der Fahrzeugtechnik« gegeben. Ein Highlight war der Erfahrungsbericht von Hans-Joachim Stuck. Der ehemalige deutsche Formel-1-Rennfahrer und Motorsportfunktionär berichtete über den Einsatz neuartiger Technologien im Motorsport. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnten außerdem einen Original Rallye Cup Rennwagen »Race Adam« besichtigen und sich mit anderen Motorsport-Begeisterten austauschen. Weitere Veranstaltungen in diesem Format sind für 2018 in Planung.

### AR & VR Experience Day

Mit digitalen Technologien schaffen Unternehmen Innovationen in Bereichen wie Produktentwicklung, Wartung oder Service. Sie sparen dadurch Zeit und Kosten oder bieten ihren Kunden ganz neue Services rund um das Produkt an. Beim »AR & VR Experience Day« erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen Einblick



in aktuelle Entwicklungen und tauchten in digitale Realitäten ein. Das Fraunhofer IEM stellte unter anderem die Entwicklung einer Industriezentrifuge mittels Augmented Reality vor. Aufgrund der sehr hohen Nachfrage fand die Veranstaltung 2017 zweimal statt.

### Fachtagung Industrial Data Space

Bei der Fachtagung »Industrial Data Space« aus dem Projekt »Digital in NRW – Das Kompetenzzentrum für den Mittelstand« lag der Fokus auf dem Thema Datensouveränität in Produktion und Automation. Neben einem Einblick in die Potentiale digitaler Plattformen tauschten sich die Teilnehmer auch über Voraussetzungen und Anwendungsbereiche von Industrial Data Space aus.

### Tag des Systems Engineering (TdSE)

Der TdSE der Gesellschaft für Systems Engineering (GfSE) ist die zentrale Konferenz für Systems Engineering und Treffpunkt für Interessierte, Entscheider und Experten aus Industrie, Forschung und Dienstleistung. Die Teilnehmer kommen aus dem deutschsprachigen Raum und sind z. B. Projektleiter, Innovationsmanager, Systems Engineers oder Systemarchitekten. Im November fand der TdSE zum zweiten Mal in Paderborn statt und bot gleichzeitig den Rahmen für den Abschluss des Querschnittsprojekts »Systems Engineering« des Spitzencluster it's OWL.

### Institutseröffnung des Fraunhofer IEM

Im März 2017 feierte das Fraunhofer IEM seine Eröffnung als erstes Institut der Fraunhofer-Gesellschaft in Ostwestfalen-Lippe. Bei dem Festakt mit der damaligen NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze und dem Direktor Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft, Dr. Raoul Klingner, konnten die Paderborner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Bedeutung von regionaler Industrie und Netzwerken für ihre Arbeit betonen.

Als Projektgruppe des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen startete das Fraunhofer IEM im Jahr 2011. Das Land NRW unterstützte diese Kooperation mit einer Anschubfinanzierung von 8,3 Mio. € und freute sich über das erste neugegründete Fraunhofer-Institut in NRW seit über 20 Jahren. Die Fraunhofer-Gesellschaft gründete in Paderborn ihr 69. Institut mit dem Schwerpunkt intelligente Mechatronik im Kontext der Digitalisierung.

Die Initiative für ein Fraunhofer-Institut in der Region Ostwestfalen-Lippe geht auf das Engagement der hiesigen Industrie zurück. »Das Fraunhofer IEM ist ein ostwestfälisches Erfolgsprodukt. Wir Unternehmer sind stolz auf die Entwicklung des Paderborner Instituts, mit dem wir bereits seit Jahren eng zusammenarbeiten«, so Dr. Eduard Sailer, der als vormaliger Miele-Geschäftsführer gemeinsam mit 17 regionalen Unternehmen die Einrichtung des Fraunhofer-Institutes vorantrieb.







Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IEM vor dem in 2017 erworbenen Gebäude Zukunftsmeile 1 in Paderborn.



# Industrial Data Science am Fraunhofer IEM

Daten sind zentraler Treiber der Industrie 4.0. Sie unterstützen und verbessern Unternehmensprozesse, ermöglichen die Erschließung neuer Geschäftsfelder und sind wesentlicher Bestandteil der Wertschöpfung. Datenwissenschaften bündeln das nötige Werkzeug aus Mathematik, Statistik und Informatik.

In der industriellen Anwendung stellt die Datenauswertung nur einen Teil der Herausforderungen dar. Wissen über Anwendungsdomänen und Datenquellen muss zudem gebündelt werden. Auch die Einbettung in den Kontext strategischer Produktplanung sowie der Einsatz geeigneter Entwicklungsprozesse und -werkzeuge sind für den nachhaltigen Erfolg unumgänglich. Das Fraunhofer IEM bietet daher eine ganzheitliche Unterstützung im Bereich Industrial Data Science (IDS). Davon profitierte im Jahr 2017 z. B. unser Projektpartner GEA, dem wir innerhalb kürzester Zeit von ersten Ideen für eine IDS-Anwendung zur einer Realisierung verholfen haben.

## Smart Services



Der Einsatz von IDS-Anwendungen verändert die gesamte Marktleistung. Es entstehen neue Möglichkeiten für Produkt-Service-Systeme und vielversprechende Nutzenpotentiale für neue Geschäftsmodelle.

Um eine erfolgreiche Platzierung der Software am Markt bereits in den frühen Phasen der Entwicklung sicherzustellen, hat das Fraunhofer IEM die strategische Produktplanung bei GEA methodisch begleitet und mitgestaltet. Dies umfasst die Projektunterstützung von der Potentialfindung bis hin zur kundenorientierten Geschäftsmodellentwicklung. Gemeinsam wurden Erfolg versprechende Ansätze identifiziert, verwertet und für die Überführung in marktreife Produkte vorbereitet.

## IoT-Architektur



Entwicklung und Betrieb von IDS-Anwendungen erfordern den Einsatz moderner Softwaretechnik: Gemeinsam mit GEA hat das Fraunhofer IEM einen agilen Entwicklungsprozess gelebt und eine moderne IoT-Architektur gestaltet, die eine nahtlose Datenverarbeitung und -analyse ausgehend von der Produktionsanlage (Edge) bis ins Dashboard (Cloud) ermöglicht.

Weiterhin wurde eine Entwicklungsinfrastruktur konzipiert, die eine kontinuierliche Weiterentwicklung, systematisches Testen und automatisches Deployment neuer Funktionen erlaubt. Unsere Kompetenzen im Bereich IT-Security runden das ganzheitliche Leistungsangebot für IDS-Anwendungen ab.

## Data Analytics



Ziel der Analyse von Daten ist die Extraktion von Wissen. Datengetriebene Modelle lernen Sachverhalte aus historischen Daten mittels statistischer und maschineller Lernverfahren. So können verdeckte Zusammenhänge beschrieben, Ursachen diagnostiziert, Zustände (z. B. Maschinenausfälle) vorhergesagt und Handlungsempfehlungen geben werden.

Entscheidend für die Robustheit ist die Einbindung von Domänenwissen. Gemeinsam mit GEA wurde dies an einem Industrieseparator demonstriert: Die Maschine unterstützt den Bediener durch Prozessinformationen und kann bei selbständig erkannten, kritischen Zuständen Gegenmaßnahmen veranlassen.

## Datenvisualisierung



Intuitive Visualisierungen sind für den Erfolg von IDS-Anwendungen maßgeblich: Erst die Visualisierung generiert verständliche Informationen für Endanwender und ermöglicht dem Data Scientist die zielgerichtete Entwicklung intelligenter Datenanalysen.

Das Fraunhofer IEM beherrscht die Gestaltung moderner, intuitiver Benutzungsschnittstellen und hat für GEA die Visualisierung zentraler Kennzahlen sowie die automatische Generierung von Handlungsempfehlungen zur Überwachung und Optimierung von Produktionsmaschinen und -anlagen konzipiert.

SWL 0.98 to



» Wir von GEA sind stolz, auf eine über 125-jährige, erfolgreiche Tradition im Separatorenbau blicken zu können und Technologieführer zu sein. Die intelligente Datenverarbeitung ist Kern der Digitalisierung. Zusammen mit dem Fraunhofer IEM erarbeiten wir passgenaue Strategien für Data Science und setzen diese erfolgreich um. «

Dr. Frank Taetz  
Product Group Management GEA Separation

# Forschungsbereich Scientific Automation



» Durch den Aufbau des RoboticsLAB am Fraunhofer IEM verbinden wir die Themenfelder Robotik und fahrerlose Transportsysteme. Wir schaffen eine skalierbare Entwicklungsumgebung für individuelle Bearbeitungs- und Logistikaufgaben. «

*Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler*

## Mit neuer fachlicher Ausrichtung in die Zukunft

Die veränderte inhaltliche und strategische Ausrichtung unserer Projekte und Aufgaben hat uns dazu bewogen, den Forschungsbereich umzubenennen, der seit diesem Jahr Scientific Automation heißt. Die Regelungstechnik bildet dabei weiterhin unsere Kernkompetenz, die wir erfolgreich in unsere Projekte einbringen. Durch die Integration innovativer Verfahren und Technologien entwickeln wir intelligente Automatisierungslösungen, die adaptiv, robust, effizient und verlässlich sind. Dazu setzen wir verstärkt auf Informations- und Kommunikationstechnologien, um Steuerung, Regelung und Datenverarbeitung zusammenzuführen.

Moderne Entwurfsverfahren und die modellbasierte Entwicklung sind dabei Schlüsseltechnologien, um die steigende Komplexität intelligenter Automatisierungssysteme zu beherrschen. Wir betrachten die Regelung nicht isoliert, sondern immer mit dem System zusammen. Denn Aktuatorik, Sensorik und Kinematik sind Kernkompetenzen, die im Entwurf mechatronischer Systeme unbedingt berücksichtigt werden müssen. Durch eine detaillierte Modellbildung als Vorarbeit für Steuerungs- und Regelungsverfahren entsteht ein tiefergehendes Wissen über das System. Die Einbeziehung wissenschaftlicher Methoden und Algorithmen zur Umsetzung von beispielsweise Condition Monitoring oder Predictive Maintenance Systemen ist dabei für uns selbstverständlich. Somit sehen wir Scientific Automation als Integration ingenieurwissenschaftlichen Know-hows in automatisierungstechnische Prozesse und Produkte.

## Unsere Themen

In unseren Projekten verbinden wir moderne Entwicklungsmethoden und Schlüsseltechnologien aus der Automatisierungstechnik, um hochkomplexe technische Produkte zu entwickeln. Dazu erforschen wir integrierte Entwicklungs- und Testumgebungen. Diese X-in-the-Loop-Techniken, wie z. B. Model- oder Hardware-in-the-Loop, werden in den Produktentstehungsprozess eingebunden und unterstützen

Unternehmen während der Entwurfs-, Integrations- und Testphase. Die Anforderungen, die über die Spezifikationen in den modellbasierten Entwurf einfließen, werden bei der Komponentenentwicklung weiter genutzt, um einen bereits umfangreich getesteten Prototypen und somit einen robusten Software- und Hardwarestand zu erhalten. Die domänenübergreifende Simulation, die Analyse und Optimierung mit virtuellen Prototypen und das modellbasierte Testen mit zweckgebundener Teilvirtualisierung bringen wir in unterschiedlichen Branchen ein.

Ein technologisches Forschungsfeld bildet die modulare Automatisierung und Robotik. Zusammen mit unseren Kunden und Projektpartnern entwickeln wir wandlungsfähige und hochflexible Industrielösungen. Die Basis hierfür bilden Funktionen zur Wahrnehmung ebenso wie die automatische Generierung von Steuerungs- und Roboterprogrammen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Integration von kognitiven Funktionen sowie Lokalisierungstechniken, wie z. B. 3D-Bildverarbeitung. Auf dieser Basis entwickeln wir maßgeschneiderte Lösungen für den Sondermaschinenbau mit einem Fokus auf intelligenter Regelung, Kollaboration und Benutzerfreundlichkeit.

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler  
Institutsleiter  
Direktor Scientific Automation



# Abteilung Scientific Automation



Die Abteilung Regelungstechnik gliedert sich in die Gruppen *Selbstop Optimierung, Automatisierungstechnik, Fahrzeugtechnik und Smart Home*. Gemeinsam realisieren wir innovative mechatronische Systeme für unterschiedliche Branchen. Dabei nutzen wir Methoden der modellbasierten Entwicklung und arbeiten diese individuell weiter aus. Die Beherrschung etablierter Technologien und deren Weiterentwicklung ist für uns selbstverständlich. Aus der Kombination innovativer Methoden und Technologien schaffen wir individuelle, industrietaugliche Lösungen mit den Stoßrichtungen *Effizienzsteigerung von Entwicklungsprozessen, ressourcenschonende Maschinen und Anlagen sowie Systemvernetzung*.

Dr.-Ing. Christian Henke, Abteilungsleiter Scientific Automation  
christian.henke@iem.fraunhofer.de

## RoboticsLAB

Anpassungsfähige Robotik- und Automatisierungslösungen erfahren im Zuge von Industrie 4.0 und kleinsten Losgrößen eine enorme Nachfrage. Insbesondere im wirtschaftsstarken Umfeld des Instituts, das geprägt ist von kleinen und mittelständischen Unternehmen des Sondermaschinenbaus, steigt die Nachfrage nach hochflexiblen Automatisierungslösungen, intelligenten Sensoren und Aktoren sowie kollaborativen Robotern. Gerade vom Sondermaschinenbau werden maßgeschneiderte Lösungen gefordert, die sich durch eine anpassungsfähige und modulare Automatisierungstechnik, eine einfache Bedienbarkeit und moderate Kosten auszeichnen.

Um auf diese Marktbedürfnisse reagieren und gemeinsam mit unseren Partnern innovative Automatisierungslösungen entwickeln zu können, bauen wir im Jahr 2018 ein RoboticsLAB auf. Wir schaffen eine moderne Infrastruktur aus Robotern unterschiedlicher Leistungsklassen (kollaborierende Leichtbauroboter, Schwerlastroboter, eigenentwickelte Kinematiken), fahrerlosen Transportsystemen, ergänzenden Achssystemen, fortschrittlichen Fertigungs- und Handhabungssystemen sowie leistungsfähiger Steuerungstechnik. Das RoboticsLAB bietet Unternehmen vielfältige Möglichkeiten auf dem Weg zur Automatisierung der eigenen Produktion und zu innovativen neuen Produkten.



Automatisiertes Schweißen  
mit einem kollaborativen Leichtbauroboter.



Visualisierung des geplanten  
RoboticsLAB am Fraunhofer IEM.

# Smarte Scheinwerfersysteme effizient entwickeln

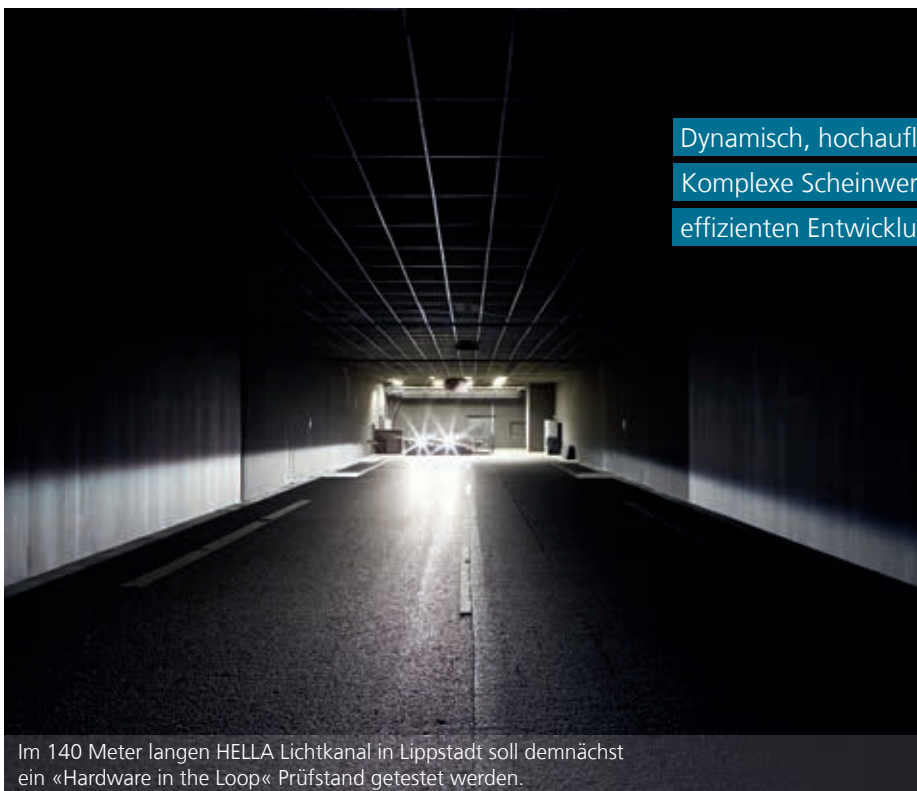
Heutige Scheinwerfersysteme sind dynamisch, hochkomplex und multifunktional – dies hat zur Folge, dass auch der begleitende Entwicklungsprozess immer anspruchsvoller wird. Im Verbundprojekt »Smart Headlamp Technology« wird erforscht, wie solche Systeme ressourceneffizienter entwickelt werden können.

Um Optimierungspotential in den komplexen Entwicklungsprozessen zu identifizieren, werden im Forschungsprojekt hochdynamische »Hardware-in-the-Loop-Prüfstände« eingesetzt: Dies ist ein Verfahren, durch das reale Systeme mit der virtuellen Umgebung verbunden werden und dadurch umfangreich getestet werden können. In Kombination mit einem Fahrsimulator können beispielsweise Lichtverteilung und -funktionen schon zu Beginn der Produktentwicklung bewertet werden – und das ganz ohne aufwendige reale Versuche.

Das Fraunhofer IEM hat im Projekt eine Prüfstandskinematik entwickelt, die die realen Bewegungen einer Fahrzeugfront durch simulative Berechnung umsetzt. Dadurch können realbasierte Daten gewonnen werden, die nach Erhebung wieder in die Optimierungsspro-

zesse einfließen. Zusätzlich werden die erfassten Daten dafür genutzt, Condition Monitoring, also eine permanente Zustandserfassung der dynamischen Scheinwerferlichtfunktionen, zu betreiben.

Die Qualität der Daten wird durch die systemtische Verbindung von Simulation, »Hardware-in-the-Loop-Prüfständen« und realen Testfahrten gewährleistet: Die Daten sind untereinander vernetzt und bilden so eine wesentliche Forschungsgrundlage. Letztendlich sollen die hochkomplexen Scheinwerfersysteme zur Selbstüberwachung befähigt werden: Potentielle Fehler können frühzeitig erkannt und entsprechende Self Healing-Maßnahmen zur Behebung dann selbstständig durch das System eingeleitet werden. Dadurch können auch die komplexen Scheinwerfersysteme der Zukunft zuverlässig eingesetzt und effizient entwickelt werden.



Dynamisch, hochauflösend, multifunktional:  
Komplexe Scheinwerfersysteme erfordern auch einen  
effizienten Entwicklungsprozess.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Im 140 Meter langen HELLA Lichtkanal in Lippstadt soll demnächst ein »Hardware in the Loop« Prüfstand getestet werden.



*In der Gruppe Fahrzeugtechnik analysieren und entwickeln wir fahrzeugspezifische mechatronische Systeme, Funktionen und Komponenten. Um Unternehmen auch auf zukünftige Herausforderungen vorzubereiten, konzipieren wir unter Einsatz neuester Technologien Steuergeräte, Sensorsysteme und Fahrwerke. Getestet werden diese nicht nur real, sondern vor allem auch virtuell, denn dies ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Systeme mit maximaler Effizienz.*

Christopher Lankeit, Gruppenleiter Fahrzeugtechnik  
christopher.lankeit@iem.fraunhofer

# Mit intelligenten Antriebsregelungen zur flexiblen Fertigung und Intralogistik

Produkte aus Produktions- oder Fördertechnik sowie der Intralogistik werden zunehmend variantenreicher und individualisierter. Die Folge sind sinkende Losgrößen bei steigenden Auftragszahlen und erhöhter Komplexität der Daten- und Informationsverarbeitung. Im Projekt »ProSeCo« werden Produktdaten eingesetzt, um Antriebsregelungen intelligenter zu machen und dadurch Fertigung und Intralogistik flexibler gestalten zu können.

Im Forschungsprojekt »ProSeCo – Produktdaten- und sensorbasierte intelligente Antriebsregelung für flexible Fertigungs- und Intralogistikprozesse« wurde ein produkt- und lastabhängiges dezentrales Motormanagement entwickelt, das intelligente Produkte innerhalb der Antriebsregelung auf unterster Feldebene steuerungstechnisch einbindet. Das Produkt selbst wird dadurch zum zentralen Informationsträger für eine autonome Prozesssteuerung. Antriebsregelungen können dadurch dezentral in der Feldebene rekonfiguriert und optimal auf das jeweilige Produkt und den gegenwärtigen Betriebszustand angepasst werden.

Neben dem Produkt dient auch der Motor selbst als Informationsquelle – und das ohne zusätzliche Sensoren. Motordaten wie z. B. Strom- und Temperaturverläufe fallen standardmäßig während des regulären Betriebs an und können auf dem Antriebsregler dezentral ausgewertet werden. Das macht das Verfahren kostengünstig und somit auch für kleine und einfache Antriebsstränge attraktiv.

Aus Strom- und Temperaturwerten lassen sich Rückschlüsse über den Gesundheits- und Belastungszustand des Antriebsstrangs ziehen, so dass dessen Lebensdauer verhaltensbasiert überwacht werden kann. Über diese umfangreichen Datenanalysen können Probleme einfach erkannt und bei Bedarf Maßnahmen eingeleitet werden. Gleichzeitig kann ein zielgenaues und prädiktives Wartungskonzept erstellt werden, was zur Minimierung der Wartungskosten führt.



Das ZIM-Vorhaben (16KN015202) des Kooperationsnetzwerkes Elektronik Forum OWL wurde über den VDI/WDE-IT im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert



Der Systemzustand intelligenter Automatisierungskomponenten kann in Echtzeit diagnostiziert werden. Wartungs- und Instandhaltungsphasen werden dem Anlagenbediener vorgeschlagen.



*In der Gruppe **Automatisierungstechnik** entwickeln wir wandlungsfähige Lösungen für cyber-physische Systeme und Industrie 4.0. Durch eine ganzheitliche Systementwicklung, die sowohl Hardware als auch Steuerungs- und Regelungstechnik einbezieht, gestalten wir optimal aufeinander abgestimmte Teilsysteme. Neben Robotikanwendungen und Messtechniklösungen realisieren wir Condition Monitoring-Systeme und innovative Aktuatorikkonzepte. Weitere Themen sind die Vernetzung von Maschinen und Anlagen sowie die virtuelle Inbetriebnahme.*

Dr.-Ing. Christian Henke, Gruppenleiter Automatisierungstechnik  
christian.henke@iem.fraunhofer.de



Poppe + Potthoff rüstet nach: Moderne Technologien treffen hier auf Altbewährtes.



## Mit Retrofit nachhaltig Anlagen und Prozesse modernisieren

Das Unternehmen Poppe + Potthoff Präzisionsstahlrohre fertigt nahtlose und geschweißte, nachgezogene Präzisionsstahlrohre, die in der Automobilindustrie, der Fördertechnik oder im Werkzeug- und Maschinenbau eingesetzt werden.

Die Qualitätsansprüche an diese komplexen Produkte steigen stetig – in Konsequenz steigen auch die Anforderungen an Maschinen und Maschinenbediener. Durch Retrofit, also der Nachrüstung bestehender Anlagen und Prozesse mit modernen Technologien, kann dieser Herausforderung begegnet werden.

Die Produktionslandschaft von Poppe + Potthoff ist von Anlagen unterschiedlichen Alters geprägt: Neben modernen, robotergestützten Maschinen fertigen nach wie vor auch konventionelle Maschinen die anspruchsvollen Produkte. Als Herausforderung beschreibt das Unternehmen die steigenden Erwartungen der Kunden an die Produktqualität und zugelieferte Daten, woraus folglich auch die Ansprüche an die Maschinenbediener und Maschinen steigen. Diese müssen zum einen die geforderte Produktqualität erfüllen und zum anderen Prozess- und Qualitätsdaten bereitstellen. Mittels Retrofit bringt Poppe + Potthoff altbewährte Fertigungsprozesse mit gesteigerten Produktanforderungen zusammen: Durch die Modernisierung (Retrofitting) bestehender Anlagen und Prozesse mit neuen Technologien.

Poppe + Potthoffs Präzisionsrohre werden aus der sogenannten Luppe hergestellt – einem Halbzeug, das mithilfe eines Ziehverfahrens weiterverarbeitet wird. Dieser häufig mehrschrittige Ziehprozess wurde im Rahmen eines Projektes mit dem Fraunhofer IEM optimiert. Mithilfe einer innovativen Prozessüberwachung durch bedarfsgerechte Sensorik konnten Daten zu Temperatur, Vibration oder Anlagenkräften erfasst und über eine neu integrierte Steuerung online verarbeitet sowie ausgewertet werden. Dies erlaubt das frühzeitige Erkennen und Vermeiden von Rappeln und führte zu einer signifikanten Senkung des Ausschusses.

Nach dem Ziehverfahren folgen für die Stahlrohre eine Wärmebehandlung und ein abschließender Richtprozess. Auch diesen Prozess konnten Poppe + Potthoff und das Fraunhofer IEM optimieren: Durch die Integration einer neuen Sensorik können kontinuierlich Prozess-, Qualitäts- und Geschäftsdaten über die gesamte Prozesskette erfasst und verknüpft werden. Das Resultat ist eine Rückverfolgbarkeit von Prozess- und Einflussfaktoren auf das Produkt sowie eine nachhaltige Prozessoptimierung und Qualitätssicherung.

Die Projekte mit der Poppe + Potthoff Präzisionsstahlrohre GmbH waren Teil der Transferprojekte im Spitzencluster it's OWL, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde.

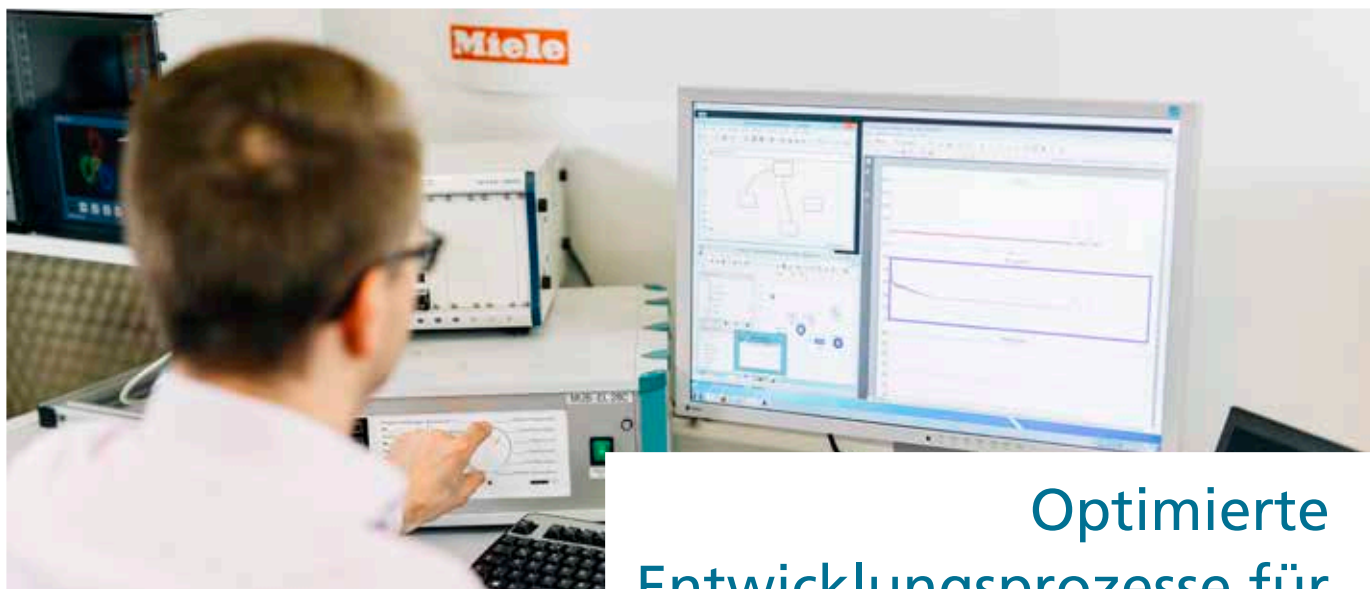
Das Technologie Netzwerk  
Intelligente Technische Systeme  
OstWestfalenLippe

it's owl



*In der Gruppe Selbstoptimierung beschäftigen wir uns sowohl mit der Modernisierung alter Fertigungsprozesse als auch mit der Entwicklung neuer Anlagen und setzen hierbei den Fokus auf selbstoptimierende Prozesse. Fertigungsprozesse werden systematisch analysiert und die signifikanten Einflüsse herausgearbeitet. Dies bildet die Basis für die optimale Integration von Sensorsystemen und Aktuatoren. Mittels intelligenter Steuer- und Regelungstechnik entsteht ein bedarfsgerechtes, selbstoptimierendes System.*

Manuel Gräler, Gruppenleiter Selbstoptimierung  
manuel.graeler@iem.fraunhofer.de



## Optimierte Entwicklungsprozesse für innovative Hausgeräte

Durch modellbasierte, virtuelle Systemabbilder können Entwicklungsprozesse smarter Hausgeräte an verschiedenen Stellen optimiert werden: Mit virtuellen Steuerungen kann z. B. Zeit gespart und flexibler getestet werden. Im Gesamtprojekt MOBE 2020 werden die verschiedenen Facetten modellbasierter Entwicklung nachhaltig in die Prozesse des Unternehmens Miele integriert, um in allen Phasen der komplexen Produktentwicklung die Effizienz zu steigern.

Kern des Projekts MOBE ist die Arbeit mit sogenannten »X-in-the-Loop« Technologien: Sowohl von physikalischen Vorgängen als auch von der Steuerungslogik können virtuelle Modelle erstellt werden. Durch solche Modelle können Zeit und Kosten gespart werden, besonders während der Implementierungs- und Testphase des Entwicklungsprozesses.

Entsprechende Prüfstände werden im Sinne des »Rapid Control Prototyping« installiert. Zunächst werden virtuelle Steuerungsmodelle mit realen Komponenten verknüpft. Rechnergestützt können dann schnell und automatisiert neue, auch komplexe Wasch- oder Trockenverfahren entwickelt und mehrstufig getestet werden – ein aufwändiger Aufbau von Prototypen entfällt.

Das Fraunhofer IEM unterstützt Miele dabei, Methoden und Herangehensweisen der modellbasierten Entwicklung systematisch zu etablieren. Dazu werden beispielsweise modulare Logikbausteine entwickelt, die für verschiedene Anwendungen wiederverwendet und nachhaltig eingesetzt werden können. Im Fokus des Projekts steht auch die Schulung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Miele. Neben der eigenständigen Anwendung der eingesetzten Werkzeuge wird so ein größtmöglicher Wissenstransfer erreicht.

*Bild oben*

*Arbeit am virtuellen Prototypen: Werden modellbasierte Entwicklungsmethoden bereits in den Entwicklungsprozess integriert, kann effizient optimiert werden.*

**Miele**



*In der Gruppe Smart Home unterstützen wir mit innovativen Methoden und Werkzeugen die Entwicklung moderner Hausgeräte. Mithilfe von »X-in-the-Loop-Technologien« können wir virtuell entwickeln und modellbasierte Steuerungen und Regelungen automatisiert testen. Branchenübergreifend werden dazu Standards definiert, angewandt und weiterentwickelt.*

Jan Michael, Gruppenleiter Smart Home  
jan.michael@iem.fraunhofer.de

# Forschungsbereich Produktentstehung



» Mit unseren Entwicklungsmethoden arbeiten wir heute erfolgreich an den Problemen von morgen und sind künftigen Herausforderungen mindestens einen Schritt voraus. Das ist kein Übermut, sondern Advanced Systems Engineering. «

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

## Advanced Systems Engineering

Produktentstehung ist für uns ein ganzheitlicher Prozess unter Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus. Seit 2017 arbeiten drei Abteilungen und sieben Gruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten in diesem Forschungsbereich. Gemeinsam leben wir den Ansatz des Advanced Systems Engineering, um künftigen Herausforderungen immer einen Schritt voraus zu sein. Wir fragen uns: Was sind die Probleme von Unternehmen, von denen sie heute vielleicht noch gar nichts wissen?

Wir sind überzeugt, dass die Digitalisierung nicht nur die Produkte von morgen verändert, sondern auch die Art und Weise, wie diese entwickelt werden. Dieser Komplexität begegnen wir vor allem mit Methode: Mit dem Systemmodell als Dreh- und Angelpunkt betrachten wir Entwicklungsprojekte aus unterschiedlichen Perspektiven und optimieren dadurch das zugehörige Projektmanagement. Hinzu kommt der Einsatz digitaler Technologien wie Augmented Reality, aber auch das Entwickeln neuer Prozesse, Denkweisen und Formen der Zusammenarbeit wie Design Thinking oder agiles Engineering.

## Unsere Themen

Schlüsseltechnologien der Digitalisierung finden mit uns Anwendung in Industrie und Wirtschaft. Das Thema Industrial Data Science als wesentliche technologische Grundlage hat insbesondere durch die Zusammenarbeit mit unserem Partner GEA enorm an Bedeutung gewonnen. Zu unserem Portfolio zählen unter anderem Augmented Reality, Mensch-Maschine-Interaktion, Molded Interconnect Devices (MID) und Location Based Services, die wir in groß angelegten Verbundprojekten intensiv erforschen. So startete in 2017 etwa das Projekt DigiKAM (Digitale Kollaborationsplattform für Additive Fertigung, BMWi), in dem wir an einem digitalen Wissensaufbau für additive Fertigungsverfahren arbeiten.

Wenn es darum geht zu verstehen, wie sich Arbeitsweisen, -prozesse und -profile künftig verändern werden und daraus Strategien für die Zukunft zu entwickeln, sind wir vor allem im Spitzencluster it's OWL zu einem wichtigen Ansprechpartner für Unternehmen

geworden. Insbesondere die Entwicklungsarbeit liegt uns am Herzen und wir erforschen, welchen Technologien und Werkzeuge den Ingenieur von morgen unterstützen können.

Über 170 von uns koordinierte und zu einem wesentlichen Teil auch inhaltlich gestaltete Transferprojekte des Spitzenclusters it's OWL beweisen: Wir können Transfer! it's OWL geht ab 2018 mit NRW-Förderung und spannenden neuen Leitprojekten in die nächste Runde und auch das Kompetenzzentrum Digital in NRW hat sich nach zweijähriger Projektlaufzeit als nicht mehr wegzudenkendes Instrument erwiesen, um Innovationen auch im Mittelstand erfolgreich umzusetzen.

## Sichtbar in der Region und der Welt

Neben it's OWL und Digital in NRW machen wir den Standort OWL in weiteren Vorhaben sichtbar. Im Rahmen der geplanten digitalen Modellregion OWL sind wir Forschungspartner für die NRW-Landesregierung. Gemeinsam mit der acatech erstellen wir eine bundesweite Studie zum Thema »Advanced Systems Engineering«. Unsere Rezepte für Transfer und Kooperation zwischen Forschung und Industrie sind international gefragt: So bauen wir aktuell ein vom Bundesforschungsministerium gefördertes Innovationsnetzwerk in Kuala Lumpur, Malaysia auf. Auch mit internationalen Verbundprojekten wie BOOST 4.0 (Big Data for Industrie) oder TrAM (Transport: Advanced and Modular) bringen wir Advanced Systems Engineering aus Paderborn auf die internationale Landkarte.

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu  
Direktor Produktentstehung

# Abteilungen im Forschungsbereich Produktentstehung



*In der Abteilung Produkt- und Produktionsmanagement erforschen und entwickeln wir Strategien, Methoden und Werkzeuge zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der systematischen Erschließung von Innovationspotentialen, die sich aus der fortschreitenden Digitalisierung an der Schnittstelle von Markt und Technologie für Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell ergeben. Aber nicht nur das Produkt, sondern auch die damit verbundene Wertschöpfung befinden sich im Wandel. Es stellt sich z. B. die Frage, wie Produktionsprozesse, aber auch ganze Wertschöpfungs-systeme im Sinne der Industrie 4.0 durchgängig digitalisiert und vernetzt werden können. Wir finden Antworten auf diese Fragen und begleiten Unternehmen dabei, die digitale Transformation systematisch und erfolgreich zu gestalten. Grundlage hierfür sind zukunftsfähige Strategien und Pläne zu Geschäftsmodellen, Produkten und zur Produktion.*

Dr.-Ing. Arno Kühn, Abteilungsleiter Produkt- und Produktionsmanagement  
arno.kuehn@iem.fraunhofer.de



*Der mit der Digitalisierung einhergehende Wandel von mechatronischen hin zu global verteilten Systemen, die über das Internet untereinander und mit dem Menschen kommunizieren und im Verbund agieren, bietet vielfältige Innovationspotentiale. Zentrale Herausforderungen in der Entwicklung sind die verstärkte Interdisziplinarität und Komplexität der Systeme selbst. In der Abteilung Produktentwicklung beschäftigen wir uns damit, wie sich derart komplexe Systeme effizient entwickeln lassen. Im Mittelpunkt der Herangehensweise steht das Systems Engineering. Wir erarbeiten Methoden und Ausdrucksmittel und bringen so Experten aller Fachrichtungen zusammen. Themenschwerpunkte sind Systemanalysen, modulare Architekturgestaltung, die Integration mechanischer und elektrischer Funktionen oder die Gestaltung innovativer Kombinationen aus Sach- und Dienstleistungen. Ferner wird untersucht, wie Augmented und Virtual Reality den Arbeitsalltag in der Produktentwicklung verändern.*

Dr.-Ing. Harald Anacker, Abteilungsleiter Produktentwicklung  
harald.anacker@iem.fraunhofer.de



*Industrie 4.0, Internet of Things, cyber-physische Systeme – aber wie sehen analog zur Produktstrategie geeignete Engineering-Strategien und Arbeitsumgebungen aus? Model-Based Systems Engineering (MBSE) ist das Fundament für eine nahezu vollständige Virtualisierung aller Engineering-Aktivitäten. Auf Basis digitaler Informationen über Produkt, Prozess und Organisation wird die Zusammenarbeit im Unternehmen und in Entwicklungsnetzwerken intelligent. In der Abteilung Digital Engineering and Collaboration bringen wir mit unserer Expertise im MBSE, im Product-Lifecycle-Management und in den Technologien der Digitalisierung (Industrie 4.0 und Arbeit 4.0) wirksame Kollaborations- und Arbeitsformen in die Produktentstehung und helfen, für das Spannungsfeld aus Mensch-Organisation-Technik zu jedem Zeitpunkt ein Optimum zu erreichen.*

Dr.-Ing. Lydia Kaiser, Abteilungsleiterin Digital Engineering and Collaboration  
lydia.kaiser@iem.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Christian Tschirner, Abteilungsleiter Digital Engineering and Collaboration  
christian.tschirner@iem.fraunhofer.de



**ROLLAX®**  
Kugellagerfabrik

Erfolgreicher Abschluss  
des Projektseminars Produktinnovation  
bei der Rollax Kugellagerfabrik.

## Neue Impulse für Innovationen durch junge Talente

Das Projektseminar Produktinnovation des Fraunhofer IEM bringt frischen Wind in die Produktentwicklung von Unternehmen: Acht handverlesene Studentinnen und Studenten bearbeiten unter der Leitung von zwei wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein anspruchsvolles Innovationsprojekt über einen Zeitraum von rund fünf Monaten.

Dadurch wird Raum geschaffen für neuartige, zum Teil disruptive Ideen und Lösungsansätze, für deren Untersuchung es im betrieblichen Alltag oft an Zeit, Budget und Kapazität mangelt. Dass sich daraus auch finanzielle Vorteile ergeben, belegen zahlreiche erfolgreich kommerzialisierte Produkte, die in der Vergangenheit aus dem Projektseminar hervorgegangen sind.

Im Jahr 2017 fand das Projektseminar Produktinnovation in Zusammenarbeit mit dem Automobilzulieferer Rollax aus Bad Salzfluren statt. Ziel des Seminars war die strategische Planung und Konzipierung zukunftsfähiger Applikationslösungen im Bereich bewegungsmechanischer Systeme. Die Projektergebnisse dienen der Geschäftsleitung als Entscheidungsgrundlage, auf deren Basis über den Eintritt in das neue Geschäft und die damit verbundene Investition entschieden werden kann.

Zu Beginn des Projektseminars wurde die Ausgangssituation des Unternehmens umfassend analysiert. Dies beinhaltete z. B. die Untersuchung des bestehenden Produktportfolios sowie die Ermittlung der Wettbewerbssituation. Mittels einer Trendanalyse wurde anschließend vorausgedacht, wie sich das Geschäft mit bewegungsmechanischen Elementen zukünftig verändern wird. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf Technologietrends wie z. B. Energy Harvesting oder die Integration von Sensoren gelegt. Unter Einsatz von Kreativitätstechniken wurden in Innovationsworkshops neue Produktideen generiert, bewertet und selektiert. Für drei besonders erfolgversprechende Ideen wurden detaillierte Produktkonzepte erarbeitet sowie Business Cases zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit erstellt. Entlang des Projektverlaufs wurden die Schlüsselpersonen seitens Rollax regelmäßig eingebunden. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Ergebnisse den Erwartungen entsprechen und im Unternehmen hohe Akzeptanz finden.

Über die konkreten Projektergebnisse hinaus eröffnete das Projektseminar dem Unternehmen Rollax Zugang zu jungen, engagierten Talenten mit erster Branchenerfahrung. Das Projektseminar Produktinnovation wird zweimal jährlich vom Fraunhofer IEM angeboten.



*In der Gruppe Innovationsmanagement untersuchen und entwickeln wir Strategien, Methoden und Werkzeuge für die Planung zukünftiger Marktleistungen und der damit verbundenen Gestaltung der Innovationsorganisation. Im Fokus steht die systematische Erschließung von Innovationspotentialen, die sich aus der fortschreitenden Digitalisierung an der Schnittstelle von Markt und Technologie für Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell ergeben. Insbesondere der Wandel zu datengetriebenen Services und Geschäftsmodellen, die Vernetzung über digitale Plattformen und agile Innovationsmethoden stehen im Vordergrund.*

Daniel Röltgen, Gruppenleiter Innovationsmanagement  
daniel.roeltgen@iem.fraunhofer.de



# Virtuelle Sensorik in der Klebstoffproduktion

Weil die Viskosität bei der Klebstoffherstellung in der laufenden Produktion nicht direkt erfasst werden kann, entwickelte Jowat SE mit dem Fraunhofer IEM eine virtuelle Sensorik. Dabei kommen künstliche neuronale Netze zum Einsatz, die komplexe chemische Zusammenhänge anhand von Messdaten selbständig lernen und so Labormessungen vorhersagen können.

Das Unternehmen Jowat SE ist Anbieter von Klebstofflösungen für die Möbel-, Textil- und Automobilindustrie. Die Produktion spezieller reaktiver Schmelzklebstoffe ist eine komplexe Folge chemischer Reaktionen aller Rohstoffe. Um die Prozesssicherheit zu steigern und Ausschussmengen zu minimieren, ist die Echtzeit-Überwachung des Prozesszustands und -fortschritts essentiell. Allerdings ist es nicht möglich, alle relevanten Messdaten online im Prozess zu erheben.

Gemeinsam mit dem Fraunhofer IEM hat Jowat SE einen virtuellen Sensor zur Online-Überwachung der Produktviskosität, also der Zähigkeit des Klebstoffs während des Produktionsprozesses, entwickelt. Dazu wurden historische Prozessdaten aus einem Zeitraum von drei Jahren mit Methoden der Künstlichen Intelligenz, insbesondere maschinellen Lernverfahren, ausgewertet. Die Zielgrößen für das Training entstammten der derzeit offline betriebenen Qualitätsprüfung. Es entstand ein Modell, das den indirekten Zusammenhang zwischen Messgrößen und Viskosität beschreibt.

Durch den virtuellen Sensor konnte Jowat SE etwa 20 Minuten einsparen, die für das herkömmliche Offline-Messverfahren benötigt werden. Produkteigenschaften können so fast in Echtzeit angezeigt und die Anzahl der Laborproben zur Qualitätssicherung reduziert werden. Die Viskosität des Produkts wird durch die virtuelle Sensorik mit einer mittleren Genauigkeit von 4-8 % für mehrere Produktgruppen bestimmt. Dies ist vergleichbar mit Ergebnissen des Offline-Messverfahrens. Weiterhin ist eine Vorhersage der Viskosität für einen längeren zeitlichen Horizont möglich.

Im Anschluss an das Projekt integrierte Jowat SE testweise einen Prozessmonitor in seine Produktion. Hierdurch wird eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit in der Klebstoffherstellung erwartet. Darüber hinaus konnte Jowat SE seine Kompetenzen im Qualitätsmanagement und der Anwendung und Integration maschineller Lernverfahren in der Produktion ausbauen.



Prozessmonitoring mit  
künstlicher Intelligenz: Virtuelle Sensorik  
für die Vorhersage des Produktzustandes.



Dieses Technologietransferprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen des Spitzenclusters »Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe« gefördert und vom Projektträger Karlsruhe betreut.

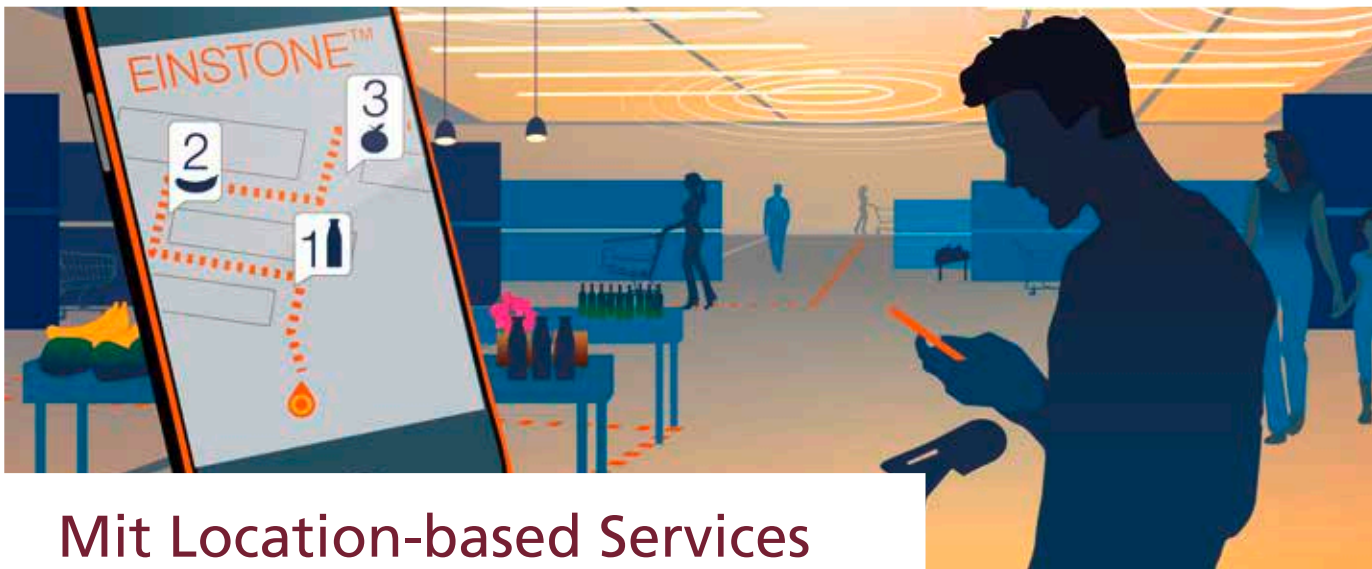
Das Technologie-Netzwerk  
Intelligente Technische Systeme  
OstWestfalenLippe

it's owl



*In der Gruppe Produktionsmanagement erforschen und entwickeln wir Ansätze für die erfolgreiche Gestaltung von Produktions- und Wertschöpfungssystemen. Ein Schwerpunkt liegt auf der systematischen Einführung industrieller Informations- und Kommunikationstechnologien im Produktionsumfeld – ganz im Sinne der Industrie 4.0. Dabei nimmt die intelligente Datenanalyse eine zentrale Rolle ein. Durch erfolgreiche Anwendung von Methoden aus maschinellem Lernen und Data Analytics auf Daten im Produktionskontext werden bislang ungenutzte Wertschöpfungspotentiale erschlossen.*

Sebastian von Enzberg, Gruppenleiter Produktionsmanagement  
sebastian.von.enzberg@iem.fraunhofer.de



## Mit Location-based Services zur intelligenten Infrastruktur

Lichtinstallationen werden durch die Integration sog. Beacons zukünftig zu Positionsendern und -empfängern innerhalb von Gebäuden. Dies ermöglicht die Umsetzung innovativer standortbasierter Dienste (engl. Location-based Services). Das Funksignal jedes Beacon ist durch eine einmalige Identifikationsnummer gekennzeichnet. Objekte oder Orte, an denen ein Beacon installiert ist, können auf diese Weise von smarten Endgeräten identifiziert werden. Die Anwendungsfelder für derartige Services reichen vom Einzelhandel über Parkhäuser bis hin zu logistischen Anwendungen.

OSRAM ist ein weltweit führendes Hightech-Unternehmen mit einer über 110-jährigen Geschichte. Die überwiegend halbleiterbasierten Produkte ermöglichen verschiedenste Anwendungen bis hin zu vernetzten intelligenten Beleuchtungslösungen. Aufgrund der vielseitigen Anwendungsfälle von Location-based Services verspricht sich OSRAM ein enormes Marktpotential von dieser Technologie.

Im Rahmen einer Technologiefeldanalyse wurde deswegen der Grundstein für die systematische Erschließung des Technologiefelds gelegt. Dafür wurde eine Struktur der geplanten Systeme entwickelt und wesentliche Handlungsbereiche identifiziert. Aufbauend auf dieser funktionalen Gliederung wurden verschiedene Produktkonzepte erarbeitet und das hiermit verbundene Lösungswissen in Ideensteckbriefe überführt. Dafür wurden im Rahmen von Workshops verwandte Technologiefelder festgelegt sowie eine Definition und eine Klassifikation der Suchbegriffe erarbeitet. Aufbauend auf einer fundierten Recherche und Analyse wurden anschließend alternative Lösungsideen für das betrachtete System entwickelt. Neben der Text-Dokumentation wurde eine Spezifikationstechnik eingesetzt, mit der sich unter anderem verschiedene Systemvarianten vergleichen und die Systemgrenzen abgrenzen lassen.

Insgesamt wurden in Zusammenarbeit mit OSRAM vielfältige Anknüpfungspunkte ermittelt, um das eigene Produkt zu optimieren. Mithilfe der identifizierten Technologiefelder kann OSRAM durch Produktvarianten in neue Geschäftsbereiche vordringen.

*Bild oben*

*Dank Location-based Services wird Einkaufen effizienter: Das Handy kann die aktuelle Position im Geschäft über die in der Lichtinfrastruktur integrierten Bluetooth-Beacons erfassen und beispielsweise die optimale Route durch die Gänge anzeigen. Die lange Suche nach Produkten gehört somit der Vergangenheit an.*

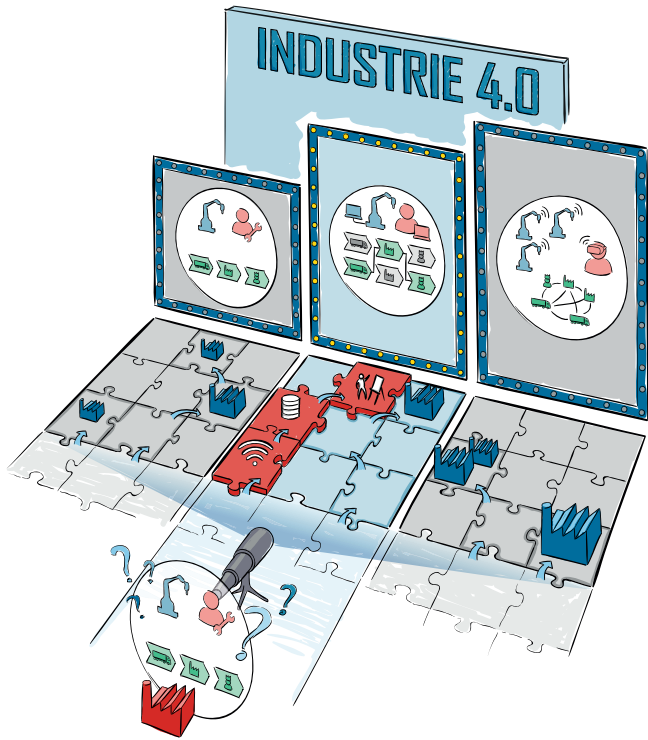
**OSRAM**



*In der Gruppe Integrierte Mechatronische Systeme entwickeln wir Strategien, Methoden, Werkzeuge und Prototypen für das Internet der Dinge. Im Fokus stehen räumlich integrierte Produkte, die sich durch gesteigerte Intelligenz und zunehmende Vernetzung auszeichnen. Die Erschließung von Technologiepotentialen, z. B. für die additive Fertigung, bildet dabei die Ausgangsbasis – von der Befähigung über die Konzeption bis zur gemeinsamen Prototypenentwicklung.*

Dr.-Ing. Christoph Jürgenhake, Gruppenleiter Integrierte Mechatronische Systeme  
christoph.juergenhake@iem.fraunhofer.de

# Leistungssteigerung von Unternehmen durch Industrie 4.0



Das Projekt INLUMIA unterstützt Unternehmen dabei, die richtigen Puzzlestücke hin zu einer geeigneten soziotechnischen Industrie 4-Vision zu identifizieren, zusammenzufügen und umzusetzen.

  
INDUSTRIE 4.0

inlumia.de

Das Projekt wird unter anderem aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung NRW mit einer Laufzeit von drei Jahren gefördert.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

Industrie 4.0 eröffnet Unternehmen vielfältige Möglichkeiten zur Leistungssteigerung. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen gilt, nicht das grundsätzlich Mögliche einzuführen, sondern das für das Unternehmen Notwendige.

Das Verbundprojekt »INLUMIA – Instrumentarium zur Leistungssteigerung von Unternehmen durch Industrie 4.0« beschäftigt sich mit Fragestellungen wie: Welche Anwendungen von Industrie 4.0 sind für Unternehmen sinnvoll? Wie lassen sie sich so einführen, dass die Bedürfnisse der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nicht zu kurz kommen? Welche Auswirkungen hat Industrie 4.0 auf eine Organisation und ein Geschäftsmodell?

Ziel ist die Entwicklung eines Instrumentariums, mit dem kleine und mittlere Unternehmen ihr Industrie 4.0-Potential einschätzen können sowie die Möglichkeit bekommen, die für sie relevanten Maßnahmen von Industrie 4.0 zu erkennen und auszuschöpfen. Dabei wird nicht nur eine Dimension – die technologischen Entwicklungen und Möglichkeiten – betrachtet. Industrie 4.0 wird dabei als soziotechnisches System mit den drei Dimensionen Technik, Business und Mensch verstanden.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden ein praxisorientiertes Vorgehensmodell, eine Wissensbasis, z. B. in Form von Umsetzungsmustern für Industrie 4.0, Verfahren der Beteiligung und Qualifizierung von Mitarbeitern sowie konkrete Werkzeuge und Methoden entwickelt. In sechs Pilotprojekten mit Industriepartnern wird das Instrumentarium getestet und bewertet. Die Unternehmen werden so auf ihrem Weg zu Industrie 4.0 durchgängig unterstützt: von der Bestimmung der derzeitigen Leistungsfähigkeit über die Definition einer unternehmensspezifischen Zielposition bis hin zur Umsetzung der Maßnahmen. Hierdurch wird die Wettbewerbsposition der Pilotunternehmen nachhaltig gestärkt.



*In der Gruppe Produkt-Service-Systeme entwickeln wir Methoden für den Entwurf innovativer Produkte und Services. Unsere Aktivitäten erstrecken sich von der Identifikation Erfolg versprechender Marktleistungsideen bis hin zur ganzheitlichen Produkt-Service-Konzeption. Im Fokus steht dabei eine interdisziplinäre Herangehensweise, um der steigenden Komplexität und zunehmenden Verschmelzung von Produkten und Services gerecht zu werden.*

Dr.-Ing. Thorsten Westermann, Gruppenleiter Produkt-Service-Systeme  
thorsten.westermann@iem.fraunhofer.de

# Neue Arbeitswelten in der Produktentstehung

Die Digitalisierung verändert nicht nur Produkte und Produktionssysteme, sondern auch die Art und Weise, wie diese entwickelt werden. Technologien und Assistenzsysteme, die im privaten Alltag bereits intensiv genutzt werden, finden auch in der Produktentstehung vermehrt Einzug. Dies hat Auswirkungen auf die Zusammenarbeit, auf Organisation, Arbeitsprozesse und -aufgaben.

Im Forschungsprojekt »IviPep – Individualisierte virtuelle Produktentstehungsprozesse« entwickelt das Fraunhofer IEM ein Instrumentarium zur menschengerechten Neugestaltung der Arbeitswelt mit digitalen Technologien und Assistenzsystemen bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung der Produktentstehung. Die drei Dimensionen Technik, Organisation und Mensch geben dabei den Forschungsrahmen und Fragestellungen vor.

## Technik

- Welche Formen digitalisierter Arbeit stiften in der Produktentstehung Nutzen?
- Welche digitalen Technologien werden im privaten Alltag schon genutzt und wie können diese in der Produktentstehung eingesetzt werden?
- Wie können bestehende Methoden, Werkzeuge und Prozesse der Produktentstehung durch digitalisierte Arbeit verbessert werden?

## Organisation

- In welche Prozesse und Tätigkeiten der Produktentstehung kann digitalisierte Arbeit arbeitnehmergerecht integriert werden?
- Wie müssen Ablauf- und Aufbauorganisationen zur Einführung digitalisierter Arbeit gestaltet werden?
- Wie lassen sich Aufwand und Nutzen von digitalisierter Arbeit für die Beschäftigten und das Unternehmen messen und optimieren?

## Mensch

- Welche Auswirkungen hat die Einführung digitalisierter Arbeit auf die Arbeitseinstellung und das Wohlbefinden der Beschäftigten?
- Wie kann die Einführung digitalisierter Arbeit durch ein übergeordnetes Veränderungsmanagement unterstützt werden?
- Wie können die Beschäftigten aktiv in den Veränderungsprozess mit einbezogen werden?

Mit folgenden Partnern arbeiten wir zusammen:

- Diebold Nixdorf: Digitaler Prototyp in der seriennahen Entwicklung
- INVENT: Digitale Technologien und Konzepte in der Satellitenstruktur-Entwicklung
- HANNING Elektro-Werke: Digitale Technologien und Konzepte für das Konformitätsmanagement
- HELLA: Mixed Mock-Up in der Entwicklung von Produktionssystemen



Das Verbundprojekt IviPep wird als eines von 30 Verbundprojekten im Rahmen des Programms »Zukunft der Arbeit« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert und hat den Förderschwerpunkt »Arbeit in der digitalisierten Welt«.

Technik, Organisation, Mensch:  
Diese drei Dimensionen geben im Projekt IviPep den Forschungsrahmen vor.



Die Digitalisierung bietet vielfältige Potentiale zur Gestaltung der Zusammenarbeit; diese werden bislang jedoch wenig genutzt. In der Gruppe *Smart Collaboration* gestalten wir die Zusammenarbeit in der Entwicklung – für kleine Teams ebenso wie für unternehmensübergreifende Arbeitsgruppen. Dazu werden sowohl entsprechende Prozesse als auch relevante IT-Werkzeuge untersucht, angepasst oder neu entwickelt. Immer mehr spielt zudem das Thema Künstliche Intelligenz in Verbindung mit Model-Based Systems Engineering eine zentrale Rolle.

Dr.-Ing. Christian Tschirner, Gruppenleiter Smart Collaboration  
christian.tschirner@iem.fraunhofer.de



## Digitaler Mock-Up in der Entwicklung von Produktionssystemen

Der Automobilzulieferer HELLA und das Fraunhofer IEM erforschen gemeinsam, wie digitale Technologien künftige Arbeitsweisen und -prozesse prägen. Dafür wird an dem Einsatz von Augmented Reality in der Planung von Montagearbeitsplätzen und -systemen gearbeitet. Der sogenannte Mixed-Mock-Up könnte in Zukunft nicht nur eine deutlich effizientere Arbeitsplatzplanung ermöglichen, sondern auch die Zusammenarbeit von Entwicklerteams revolutionieren.

HELLA produziert an weltweit verteilten Standorten Lichttechnik und Elektronikprodukte für die Automobilindustrie. In der Entwicklung der Produktionssysteme für Scheinwerfer und Heckleuchten arbeitet das Planungsteam derzeit mit der üblichen Methode des Cardboard-Engineering: Physikalische Mock-Ups, also Prototypen aus Pappe, dienen der kreativen, handwerklichen Auseinandersetzung mit einem zukünftigen Produktionssystem.

Einzelbestandteile wie Arbeitsflächen oder Schubladen lassen sich problemlos als Attrappe aus Pappe nachbauen, lange bevor die eigentliche Produktion der Scheinwerfer beginnt. Bei den Bauteilen der Scheinwerfer sieht das jedoch anders aus: Oft sind sie nicht ausreichend vorrätig oder stehen nur in einem alten Entwicklungsstand zur Verfügung. Ziel im Projekt ist es zunächst, digitale Abbilder von Werkzeugen und künftigen Scheinwerfer-Bauteilen mit Augmented Reality auf den Papp-Prototypen zu projizieren. Der reale Prototyp wird durch diese virtuellen Modelle zu einem Mixed-Mock-Up erweitert. Das Planungsteam bekommt dann die digitalen Informationen über

eine Datenbrille angezeigt. Mit einem solchen Mixed-Mock-Up können Planungsszenarien immer in Kombination mit den aktuellsten Entwicklungsentwürfen durchgespielt werden.

Die Potentiale für eine frühzeitigere, effizientere und realitätsnähere Produktionssystemplanung liegen auf der Hand: Durch die virtuelle und dadurch direkte Verfügbarkeit der aktuellsten Bauteile und Werkzeuge in beliebiger Anzahl sowie den Zugriff auf eine Bibliothek mit Standard-Bauteilen werden Aufbau und Test von Produktionssystemen deutlich schneller und zuverlässiger. Zudem wird die Zusammenarbeit im Projektteam, aber auch die Kommunikation zwischen Produktion und Entwicklung deutlich verbessert. Konstrukteure können so beispielsweise direkt in den Aufbau des Mock-up miteinbezogen werden, indem sie aktuelle Konstruktionsdaten liefern. Auch können Planungsszenarien beliebig oft wiederverwertet oder abgewandelt werden: Der Kreativität im gesamten Team sind durch die Technologie Augmented Reality keine Grenzen gesetzt.



ivipep.de



*In der Gruppe Mensch-Technik-Interaktion entwickeln wir intuitive Benutzerschnittstellen entlang der gesamten Produktentstehung – basierend auf innovativen Technologien wie Augmented Reality und Virtual Reality. Neben der Umsetzung konkreter Anwendungsfälle werden Auswirkungen der Technologien sowohl auf den Arbeitsplatz (Arbeit 4.0) als auch auf den Menschen (z. B. in Form von Qualifikationsprofilen) und die Organisation (z. B. in Schulungsprogrammen) untersucht.*

Dr.-Ing. Harald Anacker, Gruppenleiter Mensch-Technik-Interaktion  
harald.anacker@iem.fraunhofer.de

# Aufwandsarme Testumgebung für Digital Engineering

Erfolgreiches Engineering betreiben Unternehmen, wenn sie die Komplexität ihrer Entwicklungsprojekte beherrschen. Konkret heißt das: Transparenz und »First Time Right«. Der Trend geht zu durchgängigen Engineering-Lösungen, die aber gerade für kleine und mittlere Unternehmen oft schwer zugänglich sind: Mit dem »Engineering Collaboration Network« entsteht ein Netzwerk, in dem Unternehmen durchgängiges Engineering mit geringem Aufwand ausprobieren und Erfahrungen austauschen können.

Digital Engineering bedeutet nicht nur die Digitalisierung der Entwicklungsergebnisse, sondern vor allem die Verknüpfung der Daten über den gesamten Produktlebenszyklus. Für Unternehmen steht am Anfang die Frage nach geeigneten Methoden und Prozessen, da Digital Engineering in jedem Betrieb anders aussieht. Das Erstellen eines unternehmensindividuellen Konzeptes verbunden mit einer Validierung benötigt eine funktionsfähige Testumgebung (Testbed). Häufig ist die Beschaffung der Lizenzen aufwendig, die Installation einer Testumgebung komplex und zeitraubend. Auch anschauliche Best-Practices zur effektiven Nutzung des Testbeds sind oft nicht vorhanden.

In Ostwestfalen-Lippe entsteht unter der Federführung des Fraunhofer IEM das Engineering Collaboration Network – ein Netzwerk, in dem Unternehmen durchgängiges Engineering mit minimalen Aufwand ausprobieren und Erfahrungen austauschen können. Das Konzept des Engineering Collaboration Networks ist einfach: Unternehmen erhalten einen Zugang zum Testbed mit der Engineering-Lösung und können am Beispiel eines eigenen Projekts den Nutzen verschiedener Anwendungen für die eigene Entwicklungsarbeit testen und validieren. Als Engineering-Umgebung dient

die 3DEXPERIENCE Plattform von Dassault Systèmes, die besonderen Wert auf einen durchgängigen Engineering-Prozess und eine vernetzte Zusammenarbeit legt. Das Engineering Collaboration Network setzt auf die Open Telekom Cloud und bietet Anwendern damit eine hohe Verfügbarkeit und Datensicherheit. Dadurch kann das Testbed nicht nur im SE LIVE LAB am Fraunhofer IEM, sondern auch direkt beim Anwender vor Ort genutzt werden. Damit Unternehmen bei den zahlreichen Möglichkeiten der Engineering-Testbeds und den neuen Entwicklungsansätzen stets den Durchblick behalten, unterstützen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IEM auch während der Testphase.

Das Netzwerk des Engineering Collaboration Network reicht über die Region OWL hinaus. Neben dem Haushaltsgerätehersteller Miele hat bereits der Landmaschinen-Spezialist CLAAS das Testbed erprobt. Die Anbindung weiterer Testbeds folgt, darunter sind auch Forschungseinrichtungen wie das KIT in Karlsruhe. Das Fraunhofer IEM legt dabei großen Wert auf einen Erfahrungsaustausch der einzelnen »Tester« über ein virtuelles Netzwerk sowie regelmäßige Veranstaltungen.

[selive.de/e-co-lab](http://selive.de/e-co-lab)



Im Engineering Collaboration Network können Unternehmen durchgängiges Engineering aufwandsarm testen – besonders für den Mittelstand eine Chance.



*Die Digitalisierung der Produktentstehung schreitet innerhalb der Fachdisziplinen durch spezialisierte Softwarewerkzeuge weiter voran. Die Interdisziplinarität und die Beherrschung der Produktkomplexität wird jedoch erst durch Model-Based Systems Engineering (MBSE) erreicht. In der Gruppe Digital Engineering verfolgen wir das Ziel einer durchgängigen digitalen Produktentstehung unter Berücksichtigung branchenspezifischer Voraussetzungen. Darunter fallen Themen wie Requirements Engineering, das Arbeiten am und mit dem digitalen Zwilling, PLM oder auch Toolkopplungen.*

Dr.-Ing. Lydia Kaiser, Gruppenleiterin Digital Engineering  
[lydia.kaiser@iem.fraunhofer.de](mailto:lydia.kaiser@iem.fraunhofer.de)

Der im Dezember 1995 gegründete KOMMIT e.V. (Kommunikationskreis für Unternehmensführung und Informationstechnik) ist ein gemeinnütziger Verein von ehemaligen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Fachgruppe von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institut) sowie des Forschungsbereichs von Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu (Fraunhofer IEM). Dem Verein gehören mittlerweile 160 Mitglieder an, die europaweit Positionen in Wirtschaft und Forschung innehaben.

Durch die Initiative KOMMIT ergibt sich ein Informationsnetzwerk, das den Erfahrungsaustausch der Mitglieder fördert, die Interaktion von Wirtschaft und Wissenschaft belebt sowie Einblicke in namhafte Unternehmen und entsprechende Karrierewege gibt. Zudem werden begabte Studierende in Form von Stipendien gefördert.

Im Jahr 2017 fanden nicht nur Aktivitäten für Studentinnen und Studenten, wie die jährliche Exkursion zu aktuellen Wirkungsstätten der Mitglieder, statt. Auch interne Aktivitäten der Mitglieder wie eine Besichtigung des Gründerzentrums garage33 stärken den Zusammenhalt zwischen den Ehemaligen.

## Aktivitäten 2017

### Studierendenexkursion zu Phoenix Contact

19 Studentinnen und Studenten besuchten im November den Automatisierungsspezialisten Phoenix Contact in Blomberg. Dort erhielten sie nicht nur spannende Einblicke in die Produktion, sondern konnten sich auch über Einstiegsmöglichkeiten und Perspektiven bei dem Unternehmen informieren. Darüber hinaus stellten drei Vereinsmitglieder, die bei Phoenix Contact tätig sind, ihre Karrierewege vor und standen zum Austausch zur Verfügung.

### Veranstaltung »Berufsperspektiven«

Im Dezember stellten Mitglieder des KOMMIT mit leitenden Positionen bei der UNITY AG und der Schaeffler Technologies AG & Co. KG bei der Veranstaltung »Berufsperspektiven« 17 Studentinnen und Studenten ihren beruflichen Werdegang vor, gaben Einblicke in ihren Arbeitsalltag und gute Tipps für die Berufsplanung und Bewerbung. Im Anschluss tauschten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in lockerer Atmosphäre miteinander aus.

### Mitgliederversammlung und Jahresabschlussveranstaltung

In regelmäßigen Abständen lädt der KOMMIT zu informellen und kurzweiligen Netzwerkveranstaltungen ein. Ein besonderes Highlight ist die traditionelle Jahresabschlussveranstaltung, welche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Ehemalige des Heinz Nixdorf Instituts und des Fraunhofer IEM gerne nutzen, um Kontakte zu pflegen und ihr Netzwerk auszubauen. Vor der Abendveranstaltung im Dezember fand zudem die Mitgliederversammlung statt und es bestand die Möglichkeit, das Gründerzentrum garage33 im Technologiepark der Universität Paderborn zu besichtigen.

### Auszeichnung von hervorragenden Studentinnen und Studenten

Die Nachwuchsförderung ist dem KOMMIT e.V. ein wichtiges Anliegen. So vergab der Verein wieder ein Stipendium im Rahmen des Studienfonds OWL. Darüber hinaus wurden zwei Studenten für ihre herausragenden studentischen Arbeiten ausgezeichnet.



# Forschungsbereich Softwaretechnik und IT-Sicherheit



» Im Jahr 2017 wurde deutlich spürbar, dass das Thema IT-Sicherheit mittlerweile bei den Unternehmen so richtig angekommen ist. In zahlreichen spannenden Projekten konnten wir namhafte Industriepartner dabei unterstützen, ihre Produkte angreifssicher zu konzipieren, und »Secure by Design« Entwicklungsprozesse einzuführen. «

Prof. Dr. Eric Bodden

## Software Engineering – aber sicher!

Innovative Funktionen von intelligenten technischen Systemen basieren schon heute überwiegend auf Software. Dieser Trend nimmt mit fortschreitender Digitalisierung weiter zu. Die Qualität der angebotenen Produkte und der produktbegleitenden, in der Regel IT-basierten, Dienstleistungen wird somit in Zukunft noch viel stärker von der Qualität der Software abhängen. Unternehmen stehen vor der Herausforderung, zunehmend komplexe Software effizient und in hoher Qualität zu entwickeln. Dies trifft in besonderem Maße auf Unternehmen zu, die traditionell wenig Erfahrung mit Softwareentwicklung haben.

Eine weitere Herausforderung resultiert aus der zunehmenden Vernetzung der technischen Systeme und IT-Systeme zum Internet of Things and Services: Systeme sind nicht länger in sich geschlossen, sondern öffnen sich durch die Bereitstellung von Schnittstellen nach außen. Dies erfordert Maßnahmen zum Schutz der Systeme gegenüber Angriffen.

Berichterstattungen über schwerwiegende Datenlecks und andere IT-Sicherheitsprobleme finden sich heute fast täglich in der Presse. Selbst hochsensible Organisationen wie die Verwaltung des Bundestages sind professionellen Hackerangriffen offenbar nicht gewachsen. Hauptursache sind Schwachstellen, die durch unsachgemäße Entwicklung der Software entstehen. Um diesem Problem zu begegnen, muss in Bezug auf die Entwicklung sicherer Software ein Paradigmenwechsel stattfinden – hin zu Systemen entwickelt mit »Security by Design«. Der Einsatz solch sicherer Entwurfs- und Entwicklungsprozesse ist umso wichtiger für mechatronische Komponenten. Denn diese operieren regelmäßig in Systemen, in denen sie nur schwer aktualisiert werden können ohne den zuverlässigen Betrieb dieser Systeme zu gefährden.

## Unsere Themen

Wir erforschen und entwickeln Prozesse, Methoden und Werkzeuge entlang des gesamten Softwarelebenszyklus. Einen Schwerpunkt bildet dabei das Requirements Engineering, das die Grundlage für jegliche Software- oder Systementwicklung legt, der Softwareentwurf und die

Softwarearchitektur. Wir erarbeiten modellbasierte Methoden, die ein systematisches Vorgehen unterstützen und frühzeitige Qualitätsanalysen bis hin zu automatischer Codegenerierung erlauben. Dies ermöglicht eine effiziente Entwicklung funktional sicherer Software in hoher Qualität. Mit Bedrohungsanalysen, Risikoabschätzungen, der Identifikation von Schutzzielen und der passenden Ableitung von Schutzmaßnahmen unterstützen wir Unternehmen dabei, ihre Produkte bereits in den frühen Phasen des Entwurfs mit starken Security-Garantien auszustatten. Mittels automatisierter Codeanalyse stellen wir die korrekte Umsetzung dieser Garantien sicher und befähigen Unternehmen dazu, ihre Entwickler entsprechend zu schulen. Die Überprüfung bestehender Architekturen und Implementierungen auf Sicherheitsschwachstellen rundet unser Portfolio ab.

## Ausblick

Der Forschungsbereich Softwaretechnik und IT-Sicherheit am Fraunhofer IEM wird zum Jahr 2018 in drei thematische Gruppen untergliedert. In der Gruppe Softwarelebenszyklus bündeln wir unsere Expertise rund um Prozesse, die den zielgerichteten Entwurf, die sichere Entwicklung sowie den effektiven und sicheren Betrieb softwareintensiver Systeme ermöglichen. Mit der Gruppe Digitale Services & Apps tragen wir der Industrie 4.0-Bewegung Rechnung, im Zuge derer mehr und mehr Unternehmen Plattformen, Services und Apps einführen. In der Gruppe IoT-Systeme entwickeln wir maßgeschneiderte Verfahren und Werkzeuge, die die besonderen Anforderungen von IoT-Systemen, wie beispielsweise ihre langen Lebenszyklen und teilweise harten Echtzeitbedingungen, berücksichtigen. In unseren Projekten bündeln wir jeweils zielgerichtet die Expertise dieser Gruppen auf optimale Weise, um zu bestmöglichen Lösungen zu gelangen.

Prof. Dr. Eric Bodden

Direktor Softwaretechnik und IT-Sicherheit



# Abteilung Softwaretechnik und IT-Sicherheit



*In der Abteilung Softwaretechnik und IT-Sicherheit erarbeiten wir Prozesse, Methoden und Werkzeuge für die effiziente Entwicklung sicherer software-intensiver Systeme. Innovative Funktionen von intelligenten Produkten und Dienstleistungen basieren zunehmend auf Software und werden maßgeblich von deren Qualität abhängen. Die zunehmende Vernetzung von Systemen führt zu Herausforderungen für den Schutz von Know-how und Daten sowie die Absicherung gegenüber Angriffen. Umso entscheidender ist die effiziente Entwicklung zuverlässiger und sicherer Software – im Sinne von Safety und Security. Besonderen Wert legen wir darauf, die Sicherheit der Software sowie des Gesamtsystems von vornherein konstruktiv zu berücksichtigen (Security by Design).*

Dr. Matthias Meyer, Abteilungsleiter Softwaretechnik und IT-Sicherheit  
matthias.meyer@iem.fraunhofer.de

## Keine Safety ohne Security by Design

### Industrial Security in der Automatisierungstechnik konform zur neuen Norm IEC 62443

Nicht zuletzt durch die zunehmende Berichterstattung über Security-Vorfälle in Unternehmen nimmt die Sensibilisierung für Industrial Security bei Herstellern, Regulierern und Anwendern zu. Die Norm IEC 62443 regelt erstmals die Security-Anforderungen in der industriellen Automatisierung. Mit der Einsicht, dass ohne Security auch keine Safety gewährleistet werden kann, wird die Einhaltung von Security somit zum Bestandteil von Safety-Normen (z. B. IEC 61508-1). Die Norm IEC 62443 beschreibt detailliert die Anforderungen an Komponentenhersteller, Systemintegratoren und Anlagenbetreiber in Bezug auf ihren Entwicklungsprozess und ihre Produkte. Um die Sicherheit unter Erfüllung der Norm nachzuweisen, unterstützt die Abteilung Softwaretechnik und IT-Sicherheit bei der Implementierung der geforderten Security-Aktivitäten in den Entwicklungsprozess.

So begleitet das Fraunhofer IEM z. B. Phoenix Contact, einen weltweit agierenden Hersteller von Industriesteuerungen, bei der langfristigen Optimierung seines Entwicklungsprozesses konform zur Norm IEC 62443. Das Fraunhofer IEM führte für das Unternehmen eine umfassende Bedrohungsanalyse für die nächste Generation der speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) durch und passte dazu die Methode und das Werkzeug des Microsoft STRIDE-Ansatzes für die Domäne der Automatisierungstechnik an. Die angewandte Methode wird zukünftig weiter verfeinert und in den Entwicklungsprozess bei Phoenix Contact integriert. Die umfangreichen Security-Maßnahmen für die Steuerungen tragen dazu bei, den Betrieb von Maschinen und Anlagen zu sichern und damit teure Ausfallzeiten zu vermeiden.



Bedrohungen für Industriesteuerungen

systematisch analysieren mit der Microsoft STRIDE Methode, angepasst auf die Automatisierungstechnik.

# Komplexe Softwaresysteme modellbasiert entwickeln

Industrielle Unternehmen befinden sich durch Industrie 4.0 und Digitalisierung in einem Umfeld, das durch stetige Weiterentwicklung und eine wachsende Komplexität gekennzeichnet ist. In Folge dessen steigen auch die Anforderungen an Software und die Softwareentwicklung. Im Projekt mit der Böllhoff GmbH hat das Fraunhofer IEM gemeinsam einen Softwareentwicklungsprozess aufgesetzt, der es erlaubt, auch komplexe Softwarearchitekturen schnell und einfach zu erarbeiten.

Das familiengeführte Unternehmen Böllhoff ist weltweit führender Hersteller von Verbindungs-, Montage- und Systemtechnik. In den hochkomplexen Produktionsanlagen spielt Software eine wesentliche Rolle und ist nicht mehr nur für die Steuerungen notwendig, sondern auch essentieller Bestandteil der Gesamtanlagen. Eine hohe Qualität der Software ist daher unerlässlich, da mit den gewachsenen Ansprüchen an die Funktionalität von Software auch die Komplexität der zugehörigen Entwicklungsprozesse steigt.

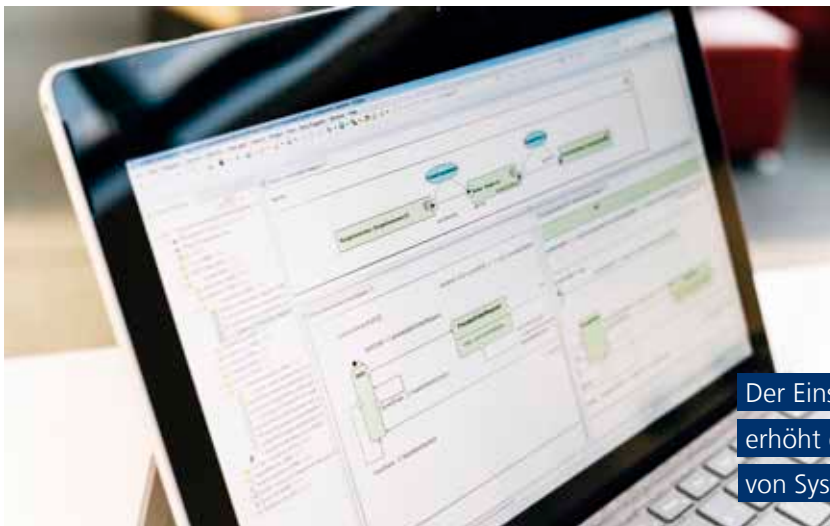
Die Böllhoff GmbH wollte diesen erhöhten Anforderungen begegnen, gleichzeitig aber die Entwicklungszeiten von Software deutlich verkürzen. Es galt daher, den bestehenden Softwareentwicklungsprozess zu modernisieren.

Im Projekt konnte Böllhoff mit der Unterstützung vom Fraunhofer IEM modellbasierte Techniken einführen und dadurch den Softwareentwicklungsprozess optimieren. Kern der Entwicklungsmethodik war ein spezielles Modellierungswerkzeug, das bei

der Erstellung von Funktionsanforderungen und beim Entwurf von Softwarestrukturen unterstützt. Da Änderungen permanent zurückverfolgt werden können, bietet das Werkzeug erhöhte Transparenz.

Der modernisierte Entwicklungsprozess ist nun flexibel auf verschiedene Anlagen und in vielseitigen Projekten einsetzbar. Dies ermöglicht es Böllhoff, auch individuelle Kundenwünsche schnell und effizient umzusetzen. Ein wesentlicher Projekterfolg ist darüber hinaus die deutlich verkürzte Time-to-Market von Produkten. Auch die nachhaltige Integration des modernisierten Entwicklungsprozesses in den Produktionsalltag war ein wichtiger Bestandteil des Projekts: Durch Coachings der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurde der Transfer in die Produktentwicklung erfolgreich gewährleistet.

## BÖLLHOFF



Der Einsatz von Modellierungswerkzeugen erhöht die Transparenz und Wiederverwendbarkeit von Systemkomponenten.



*In der Gruppe Softwareentwicklungsmethoden erarbeiten wir Prozesse, Methoden und Werkzeuge für die effiziente Entwicklung von sicheren softwareintensiven Systemen. Die Sicherheit der Software sowie des Gesamtsystems wird dabei von vornherein, »by Design«, berücksichtigt. Durch die individuelle Entwicklung von modellbasierten sowie modellgetriebenen Methoden führen wir zudem Effizienz- und Qualitätssteigerungen in der Entwicklung herbei.*

Dr. Matthias Meyer, Gruppenleiter Softwareentwicklungsmethoden  
matthias.meyer@iem.fraunhofer.de

# Sichere Datenablage auch an unsicheren Orten

Die Digitalisierung in der Produktion ist in vollem Gange. Immer mehr Maschinen sind miteinander vernetzt. Kontinuierlich werden Daten gesammelt, ausgetauscht und verarbeitet. Längst sind Produktionsstätten nicht mehr einzeln für sich zu sehen, sondern werden an verschiedenen Standorten genutzt oder sind sogar mobil im Einsatz. Oftmals ist die Umgebung dabei nicht vollständig geschützt und die Sicherheit der Daten gefährdet. Oberstes Ziel ist es daher, sicherzustellen, dass sensible Daten nicht in falsche Hände gelangen.

Dieser Herausforderung hat sich Janz Tec als einer der führenden Hersteller von elektronischen Baugruppen und industriellen Computersystemen angenommen. Das Unternehmen entwickelt mit OSIRIS eine abgesicherte Plattform, welche es ermöglicht, Daten in einer nicht vertrauenswürdigen Umgebung sicher aufzubewahren und mit der Firmenzentrale auszutauschen. Die Plattform muss dabei höchste Sicherheitsanforderungen erfüllen, wie beispielsweise Manipulationserkennung, Manipulationssicherheit, verschlüsselte Kommunikation und Datenhaltung, Diebstahlschutz sowie die Vermeidung offener Schnittstellen.

Um OSIRIS bestmöglich vor Angriffen zu schützen, hat Janz Tec bereits zu Beginn des Entwicklungsprozesses das Sicherheitskonzept durch das Fraunhofer IEM umfassend prüfen lassen. Zunächst wurden die relevanten Schutzziele gemeinsam aufgenommen.

Anschließend identifizierte das Fraunhofer IEM mögliche Bedrohungen für OSIRIS und analysierte das bestehende Sicherheitskonzept auf potentielle Schwachstellen. Im Rahmen der weiteren Zusammenarbeit wird nicht nur das Konzept, sondern auch dessen Realisierung in Form eines Prototyps der Plattform untersucht. Janz Tec stellt somit sicher, dass das OSIRIS System sensible Daten der Kunden auch an unsicheren Orten zuverlässig schützt.

**janztec**  
Industrial Computing Architects

Der sichere Außenposten:  
Höchste Sicherheitsstandards mit  
der »Vor Ort«-Datenlösung OSIRIS



*In der Gruppe Softwarequalität erforschen und entwickeln wir Methoden und Werkzeuge zur Erkennung und Behebung von Fehlern, Schwachstellen und Qualitätsmängeln in allen Phasen der Softwareentwicklung: von der Anforderungserhebung bis zur Wartung der IT-Systeme. Unser Fokus liegt dabei auf den Qualitätseigenschaften Sicherheit und Effizienz. Darunter verstehen wir insbesondere die Sicherheit von IT-Systemen gegenüber Angriffen von innen und außen (Security), die Betriebssicherheit von mechatronischen Systemen (Safety) und die kontinuierliche Qualitätsanalyse softwaregestützter Prozesse.*

Dr. Matthias Becker, Gruppenleiter Softwarequalität  
matthias.becker@iem.fraunhofer.de

# Auszeichnungen, Ernennungen und Preise



Johannes Späth und Dr. Claudia Priesterjahn entwickeln gemeinsam mit Oracle Programme, die Softwarefehler systematisch finden. Die Ergebnisse wurden schon zweimal ausgezeichnet.

## Step forward – Karrierementoring bei Fraunhofer

Gleich zweimal ist das Fraunhofer IEM im Mentoring-Programm »Step forward« der Fraunhofer-Gesellschaft vertreten: Dr.-Ing. Lydia Kaiser (Abteilungsleiterin Digital Engineering and Collaboration) und Dr.-Ing. Thorsten Westermann (Gruppenleiter Produkt-Service-Systeme) durchlaufen das einjährige Programm und werden in der Zeit durch jeweils eine Mentorin begleitet. Diese steht den Teilnehmerinnen und Teilnehmern für Fragen und Diskussionen zur Seite und unterstützt bei der zielgerichteten Karriereplanung.

Das Programm richtet sich an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus dem wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Bereich, die mindestens vier Jahre Berufserfahrung bei Fraunhofer sowie ein hohes Maß an Engagement mitbringen. Ziel ist eine Planung und Vorbereitung auf den nächsten Karriere-Schritt. Dazu sind drei Workshops innerhalb des Jahres vorgesehen, die die Standortbestimmung, einen Potentialcheck und das Selbstmarketing adressieren. Das Programm orientiert sich an den Fraunhofer-Karrierewegen in die Wirtschaft oder Wissenschaft, der Gründung eines Spin-offs oder einer Laufbahn innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

## Roman Dumitrescu ist im Beirat der Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V.

Der Smart Engineering e.V. ist ein Verein zur Förderung der Gemeinschaftsforschung auf dem Gebiet des Smart Engineering. Unterstützt durch ein starkes Kooperationsnetzwerk, bestehend aus Forschungsinstitutionen und Unternehmen, hat sich die Forschungsvereinigung die Initiierung und Begleitung von Forschungsprojekten, insbesondere kleiner und mittelständischer Unternehmen, zum Ziel gesetzt. Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu ist in seiner Rolle im it's OWL Clustermanagement Mitglied im Beirat der Vereinigung.

## Oracle zeichnet IT-Security-Forschung am Fraunhofer IEM aus

Das Fraunhofer IEM forscht intensiv an Methoden, um Softwarefehler bereits während der Entwicklung zu erkennen und zu beheben. Dabei arbeiten die Forscherinnen und Forscher mit Oracle, einem der weltweit größten Software-Hersteller, zusammen.

Im Jahr 2017 honorierte das Unternehmen aus dem Silicon Valley gleich zweimal die Arbeit des Paderborner Forschungsinstituts mit dem begehrten und mit jeweils 100.000 US-Dollar dotierten »Oracle Collaborative Research Award«.

## Lisa Nguyen und Prof. Dr. Eric Bodden erhalten Distinguished Paper Award

Prof. Dr. Eric Bodden und Lisa Nguyen vom Fraunhofer IEM erhielten für das Paper »Just-in-Time Static Analysis« den ACM SIGSOFT Distinguished Paper Award von der ISSTA 2017. Lisa Nguyen nahm den Award auf der 26. ISSTA entgegen, die vom 10. bis 14. Juli 2017 in Kalifornien stattfand.

Die »ACM SIGSOFT International Symposium of Software Testing and Analysis« (ISSTA) ist das führende Forschungssymposium im Testen und Analysieren von Software. Der Fokus liegt im Zusammenbringen von Akademikerinnen und Akademikern, Forscherinnen und Forschern sowie Fachleuten, um neue Ideen, Probleme und Erfahrungen im Bereich der Software-Analyse auszutauschen.

# Promotionen



Matthias Becker

Promotionsdatum: 30. Mai 2017

Thema »Engineering Self-Adaptive Systems with Simulation-Based Performance Prediction« bei Prof. Dr. Eric Bodden. Matthias Becker ist seit 09/2015 Mitarbeiter am Fraunhofer IEM im Forschungsbereich Softwaretechnik und IT-Sicherheit und leitet hier seit 09/2015 die Gruppe Digitale Services und Apps.



Christoph Jürgenhake

Promotionsdatum: 19. Juni 2017

Thema: »Systematik für eine prototypenbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID (Molded Interconnect Devices)« bei Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier und Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu. Christoph Jürgenhake ist seit 07/2011 Mitarbeiter am Fraunhofer IEM im Forschungsbereich Produktentstehung und leitet hier seit 02/2015 die Gruppe Integrierte Mechatronische Systeme.



Thorsten Westermann

Promotionsdatum: 19. Juni 2017

Thema: »Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus« bei Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier und Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu. Thorsten Westermann ist seit 06/2014 Mitarbeiter am Fraunhofer IEM im Forschungsbereich Produktentstehung und leitet hier seit 01/2017 die Gruppe Produkt-Service-Systeme.



Stefan Dziwok

Promotionsdatum: 5. Sept. 2017

Thema: »Specification and Verification of Real-Time Coordination Protocols for Cyber-physical Systems« bei Prof. Dr. Matthias Tichy. Stefan Dziwok ist seit 12/2014 Mitarbeiter am Fraunhofer IEM im Forschungsbereich Softwaretechnik und ist jetzt Senior-Experte in der Gruppe Digitale Services und Apps.



Jens Friebe

Promotionsdatum: 30. Mai 2017

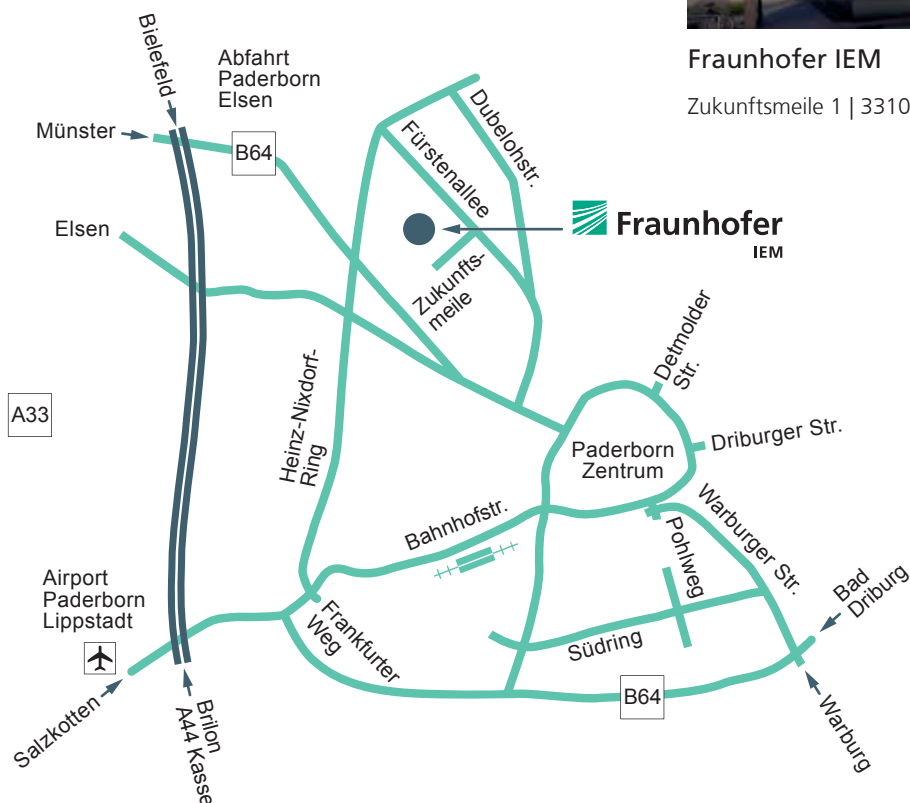
Thema »Early Performance Analysis of Automation Systems Based on Systems Engineering Models« bei Prof. Dr. Eric Bodden. Jens Friebe war von 03/2011-08/2017 Mitarbeiter am Fraunhofer IEM im Forschungsbereich Softwaretechnik und IT-Sicherheit und leitet jetzt die Gruppe Softwareentwicklung bei Phoenix Contact.

# Ihr Weg zu uns



Fraunhofer IEM

Zukunftsmeile 1 | 33102 Paderborn



## Anfahrt mit dem Auto

Über die Autobahn erreichen Sie uns über die Ausfahrt »Paderborn Zentrum«, Richtung Paderborn.

An der ersten Kreuzung fahren Sie links auf den »Heinz-Nixdorf-Ring«.

An der vierten Kreuzung biegen Sie rechts in die »Fürstenallee« ab.

Nach ca. 1 km liegt das Fraunhofer IEM auf der rechten Seite in der Zukunftsmeile 1.

## Anfahrt mit der Bahn

Vom Hauptbahnhof fahren Sie mit der Linie 11 in Richtung Thuner Siedlung bis zur Haltestelle Ferrariweg.

Überqueren Sie die Straße und gehen Sie ca. 100 m.

Das Fraunhofer IEM liegt auf der linken Seite in der Zukunftsmeile 1.

# Impressum

Herausgeber	Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler   Prof. Dr. Eric Bodden   Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Redaktion	Anell Bernard
Gestaltung und Satz	Anell Bernard
Druck	STRAUSDRUCK

Fraunhofer-Institut für  
Entwurfstechnik Mechatronik IEM  
Zukunftsmeile 1 | 33102 Paderborn  
Telefon +49 5465-101  
info@iem.fraunhofer.de  
[www.iem.fraunhofer.de](http://www.iem.fraunhofer.de)

## Bildnachweise

- Bundesarchiv, Bild 183-09422-0001 (S. 8, Nr. 2)
- CC BY-SA 2.5 (S. 8, Nr. 15)
- CC BY-SA 3.0 (S. 8, Nr. 6, N. 12, N. 13 | S. 9, Nr. 20)
- Dassault Systèmes (S. 9, Nr. 37)
- Das Kuratorium des Fraunhofer IEM (S. 13): Alle Bildrechte liegen bei der jeweils abgebildeten Person.
- destinacigdem (S. 9 Nr.
- Digital in NRW (S. 20, S. 24, S. 25)
- Heinz Nixdorf Institut (S. 15, oben rechts, S. 18)
- Foto 3D Printer Pertama Didunia SLA (S. 8, Nr. 14)
- Gesellschaft für Systems Engineeergin e.V. (S. 26)
- GEA Group (S.30-31)
- gettyimages Laurie Rubin (S. 9, Nr. 41)
- Hella GmbH & Co. KG (S. 34)
- Hewlett-Packard Company (S. 8, Nr. 5)
- HTC (S. 9, Nr. 29)
- Inter Ikea Systems B.V. 2016 (S. 9, Nr. 35)
- International Business Machines (S. 8, Nr. 1)
- it's OWL (S. 19, S. 21, S. 25)
- jakevilldesign.dunked.com (S. 9, Nr. 33)
- Microsoft (S. 9, Nr. 21, Nr. 28)
- mybamboo.eu (S.8, Nr. 17)
- Natural Machines (S. 9, Nr. 30)
- NASA (S. 8, Nr. 18)
- OSRAM (S. 42)
- Poppe + Potthoff Präzisionsstahlrohe (S. 36)
- Public Domain (S. 8, Nr. 4, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 10, Nr. 25, Nr. 26, Nr. 32 | S. 9, Nr. 36, Nr. 40, Nr. 42-46)
- Stimmen unserer Partner (S. 23): Alle Bildrechte liegen bei der jeweils abgebildeten Person.
- Unimate (S. 8, Nr. 3)
- VDI (S. 9, Nr. 22)
- alle anderen Fotos und Grafiken: Fraunhofer IEM

Unserer Berichtspflicht kommen wir online unter [www.iem.fraunhofer.de/JB2017](http://www.iem.fraunhofer.de/JB2017) nach. Dort finden Sie Informationen zu wissenschaftlichen Publikationen und Vorträgen, studentischen Arbeiten, Mitgestaltung der Lehre sowie unserer Mitwirkung in Fachgremien und Programmkomitees.

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung und Verbreitung nur mit Genehmigung der Redaktion.

© Fraunhofer IEM, Paderborn 2018  
Auflage: 1.000  
Erscheinungstermin: April 2018

