



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

EIT

FAKULTÄT FÜR  
ELEKTROTECHNIK UND  
INFORMATIONSTECHNIK

# Forschungsbericht 2019

Institut für Automatisierungstechnik

# INSTITUT FÜR AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 0391 67-58589, Fax. 0391 67-41186  
Email: Annett.Bartels@ovgu.de

## 1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich (Geschäftsführender Leiter)  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen  
Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle  
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Steinmann  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Steffi Knorn  
Hon. Prof. Dr.-Ing. Ulrich Jumar  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Palis

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen  
Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle  
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Steinmann  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Steffi Knorn  
Hon. Prof. Dr.-Ing. Ulrich Jumar

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

### ***Professur Integrierte Automation (Prof. Christian Diedrich)***

Ein Ganzes ist mehr als die Summe seiner Komponenten. Der Entstehungsprozess von automatisierungstechnischen Systemen ist Gegenstand des Lehrstuhls mit folgenden Schwerpunkten:

#### Prozessleittechnik

- Verteilte Systeme
- Informationsmanagement
- Integrationstechnologien
- Inbetriebnahme
- Diagnose

#### Industrielle Kommunikation

- Heterogene Netzwerke
- Protokollspezifikationen
- Feldgeräteintegration

#### Engineering von Automatisierungssystemen

- Requirement Engineering

- Feldgeräteintegration in die Planung
- Merkmalleisten
- Informationsmanagement

#### Automatisierungssysteme der funktionalen Sicherheit

- Sicherheitstechniken
- Vorgehensmodelle

#### Formale und formalisierte Beschreibungstechniken

- UML
- Testfolgenberechnung für zustandsbasierte Verhaltensbeschreibungen
- Funktionsbausteintechnik

### ***Professur Systemtheorie/Regelungstechnik (Prof. Rolf Findeisen)***

#### Methodenentwicklung

- Regelung und Beobachtung nichtlinearer Systeme mit Beschränkungen
- Optimale und prädiktive Regelung
- Ausgangsregelung
- Tracking- und Trajektorienfolgeregelung
- Regelung und Beobachtung über Informationsnetzwerke
- Parameterschätzung oSensitivitätsanalyse
- Systemtheoretische Methodenentwicklung für die Systembiologie und Biomedizin

#### Anwendungen

- Regelung schneller mechatronischer Systeme
- Regelung und Überwachung chemischer Prozesse
- Modellierung, Analyse und Therapieentwurf des kraftinduziertes Knochenwachstum

### ***Professur Automatisierungstechnik und Modellbildung (Prof. Achim Kienle)***

Die Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe von Prof. Kienle am Lehrstuhl für Automatisierungstechnik/Modellbildung der Otto-von-Guericke-Universität und dem Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg beschäftigen sich mit der Analyse, Synthese und Regelung komplexer Systeme. Dazu werden Methoden und Werkzeuge für die rechnergestützte Modellierung und Simulation, die nichtlineare Analyse, die optimale Prozessgestaltung und die Prozessführung entwickelt. Die Hauptanwendungsgebiete betreffen neben chemischen Prozessen in zunehmendem Maße auch Energiesysteme und ausgewählte Fragestellungen aus dem Bereich der Systembiologie. Aktuelle Anwendungsbeispiele aus dem Bereich der chemischen Prozesse sind: Partikelbildende Prozesse (Kristallisation, Wirbelschichtsprühgranulation und -agglomeration), chromatographische Prozesse sowie integrierte Reaktionsprozesse aus nachwachsenden Rohstoffen in flüssigen Mehrphasensystemen.

Aktuelle Anwendungsbeispiele aus dem Gebiet der Energiesysteme betreffen die chemische Energiespeicherung sowie das optimale Energiemanagement in Produktionssystemen. Aktuelle Fragestellungen aus dem Bereich der Systembiologie betreffen die populationsdynamische Modellierung der Influenza Virusreplikation bei der Impfstoffproduktion sowie die Herstellung maßgeschneiderter Biopolymere in Mikroorganismen.

### ***Professur Messtechnik (Prof. Ulrike Steinmann)***

Die Messtechnik wird zukünftig in steigendem Maß interdisziplinär agieren und sich zunehmend von der reinen Ermittlung von Messdaten hin zu einer smarten, integrierten, sich dynamisch anpassenden Technologie entwickeln. Diesem Anspruch stellt sich der Lehrstuhl Messtechnik und blickt diesbezüglich auf umfangreiche

Erfahrungen in Forschung und Entwicklung messtechnischer Systeme zurück.

Schwerpunktthemen und aktuelle Forschungsinteressen sind u.a.

- Akustische (Ultraschall) Sensorik, Phononische Kristalle
- Haptisches Feedback mittels Festkörperschall
- Lab-on-Chip: Kopplung von physikalischen, chemischen oder biologischen Messprinzipien in mikrofluidischen Strukturen
- Prozessmesstechnik, applikationsspezifische Messsysteme
- Tomografische Verfahren der Inline-Prozessanalyse
- Schwingquarzsensoren für die Gas- und Flüssigkeitsanalyse

### ***Juniorprofessur Autonome Systeme in der Automatisierung (Jun.-Prof. Steffi Knorn)***

Die Arbeitsgruppe **Autonome Systeme in der Automatisierung** beschäftigt sich mit verschiedenen Themen und Fragestellungen aus dem Bereich der Automatisierungstechnik sowie aus benachbarten Bereichen wie Regelungstechnik, Kommunikationstechnik und Medizintechnik.

#### *Industrie 4.0 und Cyber-physische Systeme*

- drahtlosen Sensoren und energy harvesting in der Prozess- und Verfahrenstechnik
- Lab4.0 und Industrie 4.0
- vernetzte Regelung- und Automatisierungsgeräte

#### *Skalierbarkeit von Multi-Agent-Systemen*

- Skalierbarkeit und Stabilität von Multiagentensystemen
- Ausbreitung von Störungen in Netzwerken

#### *Medizintechnische Anwendungen*

- Modellierung physiologischer und psychologischer Prozesse in der Medizin
- Entwicklung medizintechnischer Lösungen
- Automatisierungsaspekte in der Medizintechnik

## 4. FORSCHUNGSPROJEKTE

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Erik May  
**Kooperationen:** Thorsis Technologie GmbH; Orthopädietechnik Scharpenberg Rostock; Universitätsmedizin Rostock  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.01.2019 - 31.12.2020

### **Moto-AFO - Entwicklung einer Ankle Foot Orthese mit motorisiertem Knöchelgelenk zur Therapie und Langzeitbehandlung von spastischen Lähmungen der unteren Extremitäten; Konzeption von Sensorik und Aktorik der Moto-AFO mit Spezifikation der Antriebe sowie Entwicklung von prinzipiellen Regelungsverfahren und der Stromversorgung inclusive Ladeelektronik**

Ziel des Projektvorhabens ist die Entwicklung von einer intelligenten, motorisierten Orthese, welche aktiv spastische Erscheinungen am Sprunggelenk neutralisieren kann. Die zu entwickelnde Funktions- und Rehabilitationsmittel (Moto-AFO) soll vor, während und nach dem therapeutischen Training die spastischen Erscheinungen funktionell neutralisieren, so dass die Trainingszeit effizienter für die eigentliche Therapie genutzt werden kann und Therapieerfolge langfristiger gesichert werden können. Die Orthese unterstützt den Therapeuten, indem es auf die spastischen Erscheinungen aktiv einwirkt, so wie es der Therapeut machen würde. Dadurch kann sich der Therapeut schneller und intensiver auf das eigentliche Training konzentrieren. Das Orthesensystem besteht aus einem elektrisch angetriebenen Unterschenkel-Fuß Modul mit erkennender, messender Sensorik und regelnder Aktorik. Die Sensoren sollen der Spasmuserkennung dienen, um die Krafteinwirkung der aktiven Orthese dynamisch an die Spasmusausprägung des Patienten anpassen zu können.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
**Projektbearbeitung:** Tizian Schröder, M.Sc. Alexander Belyaev  
**Kooperationen:** Fraunhofer IESE Kaiserslautern; Siemens AG; IBM Deutschland; SAP SE, Walldorf; ifak - Institut für Automation und Kommunikation Magdeburg; Expleo Group; RWTH Aachen; Mitsubishi Electric; Fraunhofer IOSB-INA; Wittenstein SE; SmartFactory KL  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.05.2019 - 30.04.2021

### **Verwaltungsschale vernetzt - Interoperabilität zwischen I4.0 Komponenten**

Die Plattform I4.0 steht für gemeinsame Handlungsempfehlungen für alle Akteure der digitalen Transformation in der deutschen Industrie. Die AG1 "Referenzarchitekturen, Standards & Normung" entwickelt grundlegende Konzepte für Standards des industriellen Internets und bringt sie in die Standardisierungsaktivitäten verschiedener Akteure ein - auf nationaler wie internationaler Ebene. Die Unterarbeitsgruppe (UAG) "Durchstichprojekte" initiiert und katalysiert die Validierung von Standards und die Identifikation von Standardisierungslücken durch praxisnahe Umsetzungen von Industrie 4.0-Anwendungsfällen. Durch die ZVEI - SG 2 "Modelle & Standards" wurden in Zusammenarbeit mit der Plattform Industrie 4.0 zwei "Tage der Verwaltungsschale" durchgeführt. Im Ergebnis erklärten sich zehn Projekte, Initiativen und Unternehmen interessiert, eine interoperable Umsetzung des Konzepts der Verwaltungsschale (VWS) anzustreben. Das Projekt "Verwaltungsschale vernetzt" ist der nächste Schritt auf dem Weg zur Interoperabilität von Verwaltungsschalen.

Ziel des Projektes ist die Sicherstellung der Interoperabilität unterschiedlicher Implementierungen der VWS verschiedener Unternehmen und Institutionen. Dazu soll ein Testbed dienen, in dem die bereits existierenden Demonstratoren zusammengeführt werden. Das Testbed entwickelt sich schrittweise während des Projektes in seiner Struktur und Funktionalität von einem zentralisierten homogenen Ausgangspunkt hin zu einem dezentralen heterogenen System. In vier Meilensteinen wird der Grad der Interoperabilität zwischen den Verwaltungsschalen der verschiedenen Teilnehmer so weit erhöht, dass jede beteiligte Verwaltungsschale im Anschluss an das Projekt eigenständig als Referenz für weitere Verwaltungsschalen agieren kann.

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
**Förderer:** Bund - 01.01.2018 - 30.04.2020

### **Digitale Repräsentation von technischen Betriebsmitteln in der Form einer konfigurierbaren Verwaltungsschale (Racas)**

Die zunehmende Digitalisierung der Wirtschaft und Gesellschaft verändert die Art und Weise, wie produziert wird. Die Initiative Industrie 4.0 bietet erste Konzepte zur Gestaltung der Wandlung der Industriellen Produktion zu einem vernetzten, intelligenten, selbstorganisierenden System. Einer der zentralen Ansatzpunkte ist die sogenannte Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, kurz: AAS) als die digitale Repräsentation von Assets. Für alle Typen von Assets müssen ihre AASs entwickelt werden. Hauptziel des Projektes ist es, bestehende Ansätze zur Definition von AASs zu detaillieren und praxistauglich zu machen.

Dazu soll ein Konfigurationsassistent für eine konfigurierbare Implementierung von AASs entwickelt werden. Eine Herausforderung besteht darin, AASs in einem I4.0-System interoperabel miteinander interagieren zu lassen. Dies wird durch ein formalisiertes Informationsmodell der AAS erreicht. Durch Konfiguration müssen die Informationsquellen für jeden Assettyp in das formalisierte AAS-Modell abgebildet werden. Die Zuordnung von Daten von Assets zum Informationsmodell der AAS wird mit intelligenten Methoden unterstützt.

Der sich aus dem Projekt ergebende Mehrwert wird in einem Demonstrator anhand von gemeinschaftlichen I4.0-relevanten Anwendungsszenarien veranschaulicht.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeitung:** Roijar Pishkari, Valentin Chernev  
**Kooperationen:** Prof. Andreas Seidel-Morgenstern und Dr. Ju Weon Lee, Max-Planck-Institut Magdeburg; Prof. Alain Vande Wouwer, University of Mons  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.10.2018 - 31.10.2022

### **Dynamik und Regelung von Simulated Moving Bed Chromatographieprozessen**

Chromatographische Prozesse sind Stofftrennverfahren, die beispielsweise zur Herstellung von hochreinen Wirkstoffen in der pharmazeutischen Industrie eingesetzt werden. Neben der klassischen diskontinuierlichen Betriebsweise mit Einzelsäulen kommen in zunehmendem Maße auch kontinuierliche Prozesse insbesondere sogenannte Simulated Moving Bed (SMB) Prozesse zum Einsatz. Dazu werden mehrere Säulen zu einem Ring verschaltet, wobei die Positionierung

der Zu- und Abläufe zyklisch geändert wird. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der Entwicklung von Methoden zur effizienten Computersimulation, zur Online Optimierung und Regelung dieser Prozesse. Neben klassischen binären Trennproblemen liegt der Schwerpunkt bei den neueren Untersuchungen vor allem bei sogenannten ternären center cut Prozessen, die in der Praxis eine wichtige Rolle spielen.

Schlagworte:

Chromatographie, Simulated moving bed, Simulation, Optimierung, Regelung

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeitung:** Carsten Seidel  
**Kooperationen:** Menka Petkovska, Universität Belgrad; Prof. Seidel-Morgenstern (Max-Planck-Institut Magdeburg)  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2018 - 30.09.2021

### **Analyse von erzwungenen periodischen Betriebsweisen am Beispiel der Methanolsynthese (SPP 2080)**

Überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien (Wind, Sonne) und typische Reaktionsprodukte aus Biogasanlagen können als Ausgangsstoffe für eine weitergehende chemische Energiespeicherung in Form von Methanol verwendet werden. Da die Verfügbarkeit dieser Ausgangsstoffe/Energie starken zeitlichen Fluktuationen auf unterschiedlichen Zeitskalen unterliegt, werden neue Konzepte der Prozessführung

benötigt, welche durch das vorliegende Projekt entwickelt werden. Zusätzlich werden Ansätze untersucht mit Hilfe von erzwungener periodischer Betriebsweise zur Optimierung der Methanolausbeute untersucht. Dazu werden neue Konzepte der Prozessführung benötigt, welche durch das vorliegende Projekt entwickelt werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.08.2016 - 14.10.2021

### **Kontinuierliche Wirbelschichtsprühagglomeration**

Gemeinsam mit der AG Tsotsas/Bück aus der Thermischen Verfahrenstechnik werden neue Verfahren der kontinuierlichen Wirbelschichtsprühagglomeration entwickelt. Dazu ist ein grundlegendes Verständnis des komplexen Zusammenspiels von Apparat, Prozessbedingungen und Materialeigenschaften hinsichtlich Prozessdynamik und erzielbarer Produktqualität erforderlich. Zentrale Zielsetzung ist die Entwicklung von theoretischen Ansätzen zur fundierten Beschreibung der Agglomerationskinetik sowie deren Anwendung im Rahmen einer modellgestützten Prozessgestaltung und -führung.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg; Prof. Dr.-Ing. Stefan Heinrich, TU Hamburg-Harburg  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 17.06.2014 - 31.12.2019

### **Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Sprühgranulation in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichttrinnen (SPP 1679)**

Wirbelschichttrinnen spielen in der chemischen, pharmazeutischen, Düngemittel- und Lebensmittelindustrie eine große Rolle. Zum genaueren Verständnis der in ihnen ablaufenden dynamischen Prozesse, der Prozessintensivierung und -automatisierung ist eine mathematische Beschreibung notwendig. Hierzu bietet sich die Verwendung von populationsdynamischen Modellen an, da diese eine Eigenschaftsbeschreibung, z.B. Partikelfeuchte und -größe, erlauben. Zur Unterscheidung von verschiedenen Modellkandidaten sollen im Rahmen dieses Projektes Methoden der nichtlinearen Analyse eingesetzt werden. Hierbei werden alle Modellkandidaten eingehend in einem gegebenen Parameterraum untersucht und besonders interessante Betriebsbereiche für zusätzliche experimentelle Untersuchungen abgeleitet. Diese zusätzlichen Experimente können anschließend genutzt werden um einzelne Modellkandidaten zu verwerfen. Zur Beschleunigung der aufwändigen Experimente und zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit werden alle Experimente im geschlossenen Regelkreis, d.h. unter Verwendung eines Reglers, durchgeführt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.08.2016 - 31.07.2020

### **Analyse von Adsorptionsprozessen mit komplexen Adsorptionsisothermen**

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Adsorptionsprozessen mit komplexen und z.T. impliziten Adsorptionsisothermen. Dazu werden geeignete numerische und auch analytische Ansätze auf Basis der sogenannten Gleichgewichtstheorie entwickelt. Die Ergebnisse sind eine wichtige Grundlage für weiterführende Untersuchungen zu Prozessführung und Prozessdesign.

Das Forschungsvorhaben ist Teil der International Max Planck Research School on Advanced Methods in Process and Systems Engineering.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2014 - 30.09.2019

### **Chemische Energiespeicherung**

Überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien (Wind, Sonne) und typische Reaktionsprodukte aus Biogasanlagen können als Ausgangsstoffe für eine weitergehende chemische Energiespeicherung in Form von Methanol verwendet werden. Da die Verfügbarkeit dieser Ausgangsstoffe/Energie starken zeitlichen Fluktuationen auf unterschiedlichen Zeitskalen unterliegt, werden neue Konzepte der Prozessführung benötigt, welche durch das vorliegende Projekt entwickelt werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeitung:** Tobias Keßler, Dr.-Ing. Christian Kunde  
**Kooperationen:** Prof. Kai Sundmacher, Otto-von-Guericke Universität und Max-Planck-Institut Magdeburg; Projektpartner des SFB Transregio 63  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2018 - 31.12.2021

### **Integriertes Design von thermomorphen Lösungsmittelsystemen und chemischen Prozessen in flüssigen Mehrphasensystemen (SFB Transregio 63)**

Im Rahmen des Projektes werden Methoden zur rechnergestützten Optimierung von integrierten chemischen Prozessen in flüssigen Mehrphasensystemen entwickelt. Neben der chemischen Reaktion spielt die möglichst vollständige Rückgewinnung der verwendeten z.T. sehr teuren homogenen Katalysatoren (z.B. Rhodium) eine zentrale Rolle. Freiheitsgrade bei der Optimierung betreffen die Auswahl und Verschaltung von Prozessschritten, die Betriebsbedingungen der einzelnen Prozessschritte sowie die Art und Zusammensetzung der verwendeten Lösungsmittel. Diese sollen unter Reaktionsbedingungen ein homogenes Gemisch mit den betrachteten Produkten, Edukten und Hilfsstoffen bilden und anschließend nach einer Abkühlung in eine katalysatorhaltige wässrige Phase und eine produkthaltige organische Phase zerfallen. Die katalysatorhaltige wässrige Phase wird nach Abtrennung in den Reaktor recyclet. Zur Bestimmung geeigneter umweltfreundlicher Lösungsmittel werden Screening Methoden und Methoden des rechnergestützten molekularen Designs eingesetzt und mit einer gemischt ganzzahligen Prozessoptimierung kombiniert. Derzeitige Anwendungsbeispiele sind die Hydroformylierung langkettiger Olefine aus nachwachsenden Rohstoffen sowie deren reduktive Aminierung.

Schlagworte:

Gemischt ganzzahlige nichtlineare Optimierung, MINLP, Prozessdesign, molekulares Lösungsmitteldesign

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Bruno Morabito, Steffi Duvigneau, Dr.-Ing. Lisa Carius  
**Kooperationen:** Hochschule Merseburg (AG Langer); HSA Köthen (AG Griehl, AG Sommer)  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.07.2017 - 31.03.2022

### **DIGItalisierte biotechnologische Produktion von BioPOLymeren aus Reststoffen mittels intelligenter model-basierter Prozessführung (Digipol)**

Neben ölbasierten Polymeren stellt die Gruppe der Polyhydroxyalkanoate (PHA) ein vielversprechendes Rohmaterial für die Herstellung von Plastikmaterial dar. Im Vergleich zu konventionellem Plastikmaterial sind PHA-basierte Materialien bio-basiert, biodegradierbar und nicht toxisch. PHAs werden von vielen Bakterien als Reservestoffe gebildet und sind aufgrund der Materialeigenschaften in vielen Bereichen als Biokunststoff einsetzbar. Eine Möglichkeit PHA basiertes Plastik ökonomisch konkurrenzfähig zu machen, ist die Reduktion des finanziellen Aufwands während Fermentationsprozesses durch kostengünstige Substrate und intelligente Prozessführung.

Im Rahmen des Projektes DIGIPOL sollen regionale Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie in einem biotechnologischen Prozess mikrobiell in PHAs umgewandelt werden. Zentrale Komponente dieses Projektvorhabens ist

die Entwicklung einer digitalen Automatisierung mittels intelligenter modellbasierter Prozessführungsstrategien, die eine flexible, bioökonomische und wettbewerbsfähige Produktion von Biopolymeren trotz variabler Reststoffverfügbarkeit ermöglicht. Die angestrebte Kopplung eines Algenprozesses- mit einem bakteriellen Produktionsprozess führt zu Synergien, die es ermöglichen ein großes Spektrum anfallender Reststoffe zu nutzen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Ulrike Steinmann  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Autonomes Fahren - Fachbereich Messtechnik - Teilprojekt Prüfumgebung für automatisierte und autonome Elektrofahrzeuge**

Das Vorhaben Kompetenzzentrum eMobility greift die strukturbedingten Herausforderungen auf und entwickelt im Rahmen eines neu zu gründenden Kompetenzzentrums Lösungen in wichtigen Teilbereichen, welche die Kooperation zwischen KMU und universitärer Forschung und Lehre deutlich stärken. Das Wissen kann direkt in die betroffene Zulieferindustrie überführt werden und dort dazu beitragen, den Strukturwandel erfolgreich zu managen und neue wirtschaftliche Chancen zu nutzen. Neben der primären Zielsetzung des Aufbaus und Transfers von Kern-Know-How steht vor allem die langfristige Verankerung gewonnener Erkenntnisse in beschäftigungswirksamen wirtschaftlichen Strukturen im Vordergrund.

Für das autonome Fahren müssen unterschiedliche Sensorsignale ausgewertet werden. Wesentlicher Bestandteil der Umfelderkennung ist die Auswertung der Informationen des Fahrzeugaradars. Zur Prüfung der Funktionalität des Radars müssen Objekte in einem synthetisch erzeugten rückgestreuten Signal abgebildet werden. Das erfolgt durch eine Radarzielsimulation. Ziel der wissenschaftlichen Arbeiten ist die Modellierung des Abstandsradars unter Beachtung des Beamforming und die Generierung entsprechend rückgestreuter Signale mit synthetisch generierten Umgebungsobjekten.

Die zuverlässige Absicherung des autonomen Fahrens erfordert umfangreiche Prüfabläufe, sowohl für die verwendeten Komponenten, als auch für das Gesamtfahrzeug. Prüfabläufe für das Gesamtfahrzeug unter Generierung beliebiger Szenarien erfordern die Bereitstellung einer entsprechenden Prüfumgebung.

In dem Teilprojekt werden die ersten Grundlagen zum Aufbau einer Prüfumgebung für autonome Fahrzeuge geschaffen. Langfristiges Ziel ist der Nachweis der Funktionalität des Gesamtfahrzeuges als Hardware in the Loop.

Es erfolgt der Aufbau der erforderlichen Kompetenzen im Bereich Test und Prüfung von Komponenten und Systemen des autonomen Fahrens. Dieses stellt einen wichtigen ersten Schritt zur Etablierung und zum Aufbau von Kompetenzen im Autonomen Fahren selbst dar und ist zunächst eng fokussiert auf das Thema Test und Prüfung, welches methodisch und versuchstechnisch gemeinsam bearbeitet wird. Die Verzahnung der bearbeiteten Themen ist in der Abbildung verdeutlicht. Die Teilbereiche werden eng verzahnt bearbeitet und langfristig zu einem Hardware-in-the-Loop (HIL-) Test ausgebaut.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Projektbearbeitung:** Damiano Varagnolo, Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn, Marieke Dewitte, Jennifer Kruger  
**Kooperationen:** Departments of Behavioural Medicine, Maastricht University Medical Center; Auckland Bioengineering Institute, The University of Auckland; Uppsala University  
**Förderer:** Sonstige - 01.07.2018 - 30.06.2019

### **PAIGE: Pelvic floor activation through gamified exercising**

Ageing, pregnancies and childbirth cause pelvic floor muscle dysfunctions, that lead to a significant number of women suffering from urinary incontinence (in mild cases) up to uterine prolapses (in the extreme cases). Exercising the pelvic floor muscles (a.k.a. Kegel exercises) would effectively prevent and treat the problem, but many women do not do them because of a combination of poor education, lack of fun, and cultural inhibitions. To change this situation we will exploit a wearable and wirelessly connectable vaginal pressure sensor developed in New Zealand, and create a game that transforms performing Kegel exercises into an engaging and compelling experience. The game will thus include both dedicated gamification mechanisms and medical-oriented user feedback schemes for increasing the intrinsic motivations of the users. Hence, our system will encourage

women to maintain proper exercising levels for long-term benefits, and indirectly help society overcome cultural inhibitions by exposition to these topics.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Kooperationen:** Uppsala University  
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Robust Scalability of Multi-Agent Systems**

Multi-agent systems (MAS) are implemented in many different areas and forms in many technical applications today and will become even more important in the future. An important body of work has appeared over the years but many key questions have not been addressed so far.

Consider for instance a simple network of agents, where one is affected by a disturbance. Due to the coupling with other agents, the disturbance will travel through the network. This project will consider the question when and how the local errors grow while the disturbance propagates through the system. We will also develop suitable control algorithms, that can be implemented at the individual agents, to ensure that disturbances are attenuated and that the error signals are bounded independently of the size and the structure of the network. Whether and how this can be achieved will depend on the dynamics of the agents as well as the type of coupling and imperfections in the communication between the agents such as noise, delays or dropouts.

This problem is well known in some networks, i.e. in vehicle platoons, where it is called string stability. Hence, we will combine methods proven to be suitable to study string stability, methods suitable for handling of communication imperfections and results derived for general multi-agent systems. Research in this area will contribute to advances in MAS such as consensus and pinning networks, and will enable safe operation of these networks in realistic settings.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Kooperationen:** Uppsala University; University of Padova; Otto-von-Guericke University Magdeburg; Université Libre de Bruxelles; Technisch-Naturwissenschaftliche Universität Norwegens  
**Förderer:** EU - ERASMUS+ - 01.09.2019 - 31.08.2022

### **FACE-IT: Fostering Awareness on program Contents in higher Education using IT tools**

Fostering high-quality Higher Education (HE) requires strengthened quality assurance in the design, implementation, execution and evaluation of HE programs (HEPs). This quality assurance process involves multiple stakeholders with different perspectives and conceptualizations:

- PROGRAM BOARDS plan and design curricula mostly in terms of ILOs, PLOs and TLAs
- ADMINISTRATORS evaluate programs and communicate with other stakeholders
- TEACHERS develop, revise and implement courses, mostly based on the taught procedures and concepts (PCs)
- STUDENTS are naturally inclined to see course and program contents through PCs.

Unfortunately, the efficacy of quality assuring HE is currently limited by the heterogeneity of the tools and conceptualizations of the stakeholders. To improve this, we identify the need for tools that: 1) aid executing the HE quality assurance processes; 2) support decision makers in maintaining HEPs; 3) clarify the relations between ILOs, PLOs, and TLAs to all stakeholders; 4) promote awareness about program contents and their relations; 5) establish a common language among stakeholders.

Our main objective is to develop tools that solve these needs, improve the quality of education and increase the employability of our candidates by helping:

- students to understand how the contents of different courses connect and expand on each other - teachers and

program boards to improve their awareness of how course contents flow within the program and contribute to the PLOs

- administrators to inspect and assess program quality
- all stakeholders to establish a common language to ease their communication.

To achieve our goals we involve participants from STEM faculties from different backgrounds, geographic areas, and academic cultures.

The consortium includes:

- NTNU, hosting several educational centers whose scope and expertise overlap with the intentions of the Face-IT project, has considerable expertise in the development and quality assurance of HEPs, and hosts Norway's largest academic environment within teacher education and educational research at the Department of Teacher Education;
- Uppsala University (UU), renown for its excellence in research and teaching and its long lasting traditions, with broad research and development activities in pedagogy, teaching, and related topics;
- University of Padova, with broad expertise in innovative teaching and learning in the framework of active learning, in the development and creation of MOOCs, and with a constant strive for improving teaching and learning, involving students voices and promoting change at different levels.
- Otto-von-Guericke University, with a broad expertise in fostering multi-cultural, multi-gender and disparate student audiences in its teaching, and with multi-disciplinary programs that combine several aspects of modern knowledge;
- the Université Libre de Bruxelles, with its peculiarity of offering several interfaculty programs shared with other HE realities, such as the Solvay Business School, and a wide range of multi-disciplinary projects.

Towards our goals, we plan to introduce a language that enables teachers and students to describe program contents in the intuitive terms of PCs and investigate how to connect them to the associated PLOs, ILOs, and TLAs. This language will enable representing the students learning process as flows of PCs, that will capture graphically how course contents are expected to ladder in time, and thus represent entire programs in an alternative and quantitatively analysable fashion.

The developed methods will be implemented in easily usable and interpretable IT tools that provide actionable information and decision-making support to each stakeholder. The tools will be tested on several course- and program-wide field tests. All results will be disseminated through two multiplier events at NTNU and UU, and through scientific open access publications and a dedicated project website.

The project will thus produce intellectual outputs including methods to: derive ontological descriptions of PCs in HEPs; merge PCs with TLAs, ILOs, and PLOs into knowledge flow graphs; represent and analyse courses and programs in terms of these flows graphs. These outputs will thus support defining program contents in a way that every stakeholder can relate to, promoting thus acceptance and usage.

This project will revolutionize how to develop, assess and manage HEPs and courses by empowering and engaging the stakeholders with a particular attention to students and teachers: students will indeed be more aware of why they study what they study, enabling them to perform self- assessment on their knowledge in relation to upcoming courses. Teachers will be supported in implementing constructive alignment principles and maintain overall program consistency. Our tools will also help executing quality assurance operations, and help universities to share information among them and with society.

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Projektbearbeitung:** Kjell Staffas, Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Kooperationen:** Pedagogy and Didactics Research at Faculty of Science and Technology, Uppsala University  
**Förderer:** Sonstige - 01.05.2019 - 31.07.2019

### **CAMPUS: Changes in Ambition, Motivation and Performance in University Students**

The project aims to investigate how ambitions, motivations, perception and performance differs between university students of different gender, age, background, study program and how they change over time. For this, engineering students of four different programs, namely Engineering physics, Computer Sciences and Electrical Engineering BSc and MSc, are studied by means of questionnaires, personal interviews and statistical analysis during their first three years of studies. The findings are expected to shed light on questions such as whether significant differences between the student cohorts exist, for which different stereotypes exist, whether teaching styles and study experience at the university lead to different developments and whether performance and motivation of students can be predicted and improved in order to reduce study times and drop-out rates.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Projektbearbeitung:** André Teixeira, Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Kooperationen:** Uppsala University  
**Förderer:** Sonstige - 01.07.2019 - 31.12.2020

### **Knowledge ladders in engeneering curricula**

In this project, we aim to improve the understanding of how the content and connections between courses in a program contribute to the program learning objectives (PLOs). For this, we will develop methods to understand, describe, analyse and visualise connections between the contents (such as facts, concepts and procedures), teaching and learning activities and course goals of courses and the PLOs, as well as the relation between courses. We anticipate that this will simplify communication between students, teachers and the program board and facilitate a valuable tool for quality control.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn, Damiano Varagnolo, Andrew Roberts  
**Kooperationen:** Technisch-Naturwissenschaftliche Universität Norwegens; Themistoklis Charalambous, Aalto University; Hunter Valley Grammar School  
**Förderer:** Sonstige - 01.04.2019 - 31.12.2019

### **Hands-on control experiences in high-school: captivating students through balancing robots**

The proposal seeks to develop lab instructions suitable for high school students to conduct a lab project with one of selected balancing robot platforms in order to learn and being exposed to basic control principles in a practical and engaging setting. This is expected to increase interest in control engineering and engineering in general and hence motivate more students to pursue a career in engineering

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Steffi Knorn  
**Kooperationen:** Uppsala Vatten och Avfall AB  
**Förderer:** Sonstige - 01.07.2018 - 30.06.2019

### **Smart water networks - Monitoring of drinking water networks through advanced data analysis**

Significant amounts of drinking water are lost due to leaks caused by broken pipes. The time required until pipes and other broken parts are repaired or replaced depends largely on the time needed to detect the fault and to find the location of the leak. This is partly due to the fact that the data is often processed manually using simple methods.

This project aims to reduce the time required to detect and locate faults in the drinking water network. Advanced data analysis is used to develop algorithms for processing data and finding trends that indicate leakage. This enables more automated monitoring of the drinking water network which will reduce the amount of drinking water lost due to leakage.

## 5. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**De Caigny, Jan; Tauchnitz, Thomas; Becker, Ronny; Diedrich, Christian; Schröder, Tizian; Grossmann, Daniel; Banerjee, Suprateek; Graube, Markus; Urbas, Leon**

NOA Von Demonstratoren zu Pilotanwendungen - Vier Anwendungsfälle der Namur Open Architecture  
atp Magazin - Essen: Vulkan Verlag GmbH, Bd. 61.2019, 01/02, S. 44-53

**Dürr, Robert; Seidel, Carsten; Neugebauer, Christoph; Bück, Andreas**

Self-tuning control of continuous fluidized bed drying of bakers yeast pellets

Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 37.2019;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.307]

**Fechtner, Marcus; Kienle, Achim**

Equilibrium theory of ion exchange chromatography with variable solution normality and steric hindrance

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 199.2019, S. 508-527;

[Imp.fact.: 3.306]

**Golovin, Ievgen; Otto, Eric; Dürr, Robert; Palis, Stefan; Kienle, Achim**

Lyapunov-based online parameter estimation in continuous fluidized bed spray agglomeration processes

IFAC-PapersOnLine - Frankfurt: Elsevier, Bd. 52.2019, 1, S. 329-334;

[Part of special issue: 12th IFAC Symposium on Dynamics and Control of Process Systems, including Biosystems  
DYCOPS 2019: Florianópolis, Brazil, 2326 April 2019]

**Keßler, Tobias; Kunde, Christian; Linke, Steffen; McBride, Kevin; Sundmacher, Kai; Kienle, Achim**

Systematic selection of green solvents and process optimization for the hydroformylation of long-chain olefines

Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 12, Artikel 882;

[This article belongs to the Special Issue Advanced Methods in Process and Systems Engineering]

[Imp.fact.: 1.963]

**Keßler, Tobias; Kunde, Christian; McBride, Kevin; Mertens, Nick; Michaels, Dennis; Sundmacher, Kai; Kienle, Achim**

Global optimization of distillation columns using explicit and implicit surrogate models

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 197.2019, S. 235-245;

[Imp.fact.: 3.306]

**Knorn, Steffi; Dey, Subhrakanti; Ahlén, Anders; Quevedo, Daniel E.**

Optimal energy allocation in multisensor estimation over wireless channels using energy harvesting and sharing

IEEE transactions on automatic control - New York, NY: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Bd. 64.2019, 10, S. 4337-4344;

[Imp.fact.: 5.093]

**Knorn, Steffi; Teixeira, André**

Effects of jamming attacks on a control system with energy harvesting

IEEE control systems letters - New York, NY: IEEE, Bd. 3.2019, 4, S. 829-834;

**Knorn, Steffi; Varagnolo, Damiano; Melles, Reinhilde; Dewitte, Marieke**

Data-driven models of pelvic floor muscles dynamics subject to psychological and physiological stimuli

IFAC journal of systems and control - Amsterdam: Elsevier Ltd., Volume 8 (2019), Artikel 100044;

**Knorn, Steffi; Varagnolo, Damiano; Staffas, Kjell; Wrigstad, Tobias; Fjällström, Eva**

Quantitative analysis of curricula coherence using directed graphs

IFAC-PapersOnLine - Frankfurt: Elsevier, Bd. 52.2019, 9, S. 318-323;

[Symposium: 12th IFAC Symposium on Advances in Control Education ACE 2019, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 7-9 July 2019]

**Kunde, Christian; Keßler, Tobias; Linke, Steffen; McBride, Kevin; Sundmacher, Kai; Kienle, Achim**

Surrogate modeling for liquidliquid equilibria using a parameterization of the binodal curve  
Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 10, Artikel 753;  
[This article belongs to the Special Issue Advanced Methods in Process and Systems Engineering]  
[Imp.fact.: 1.963]

**Morabito, Bruno; Kienle, Achim; Findeisen, Rolf; Carius, Lisa**

Multi-mode model predictive control and estimation for uncertain biotechnological processes  
IFAC-PapersOnLine - Frankfurt: Elsevier, Bd. 52.2019, 1, S. 709-714;  
[Part of special issue: 12th IFAC Symposium on Dynamics and Control of Process Systems, including Biosystems  
DYCOPS 2019: Florianópolis, Brazil, 2326 April 2019]

**Mukhin, Nikolay; Kutia, Mykhailo; Oseev, Aleksandr; Steinmann, Ulrike; Palis, Stefan; Lucklum, Ralf**

Narrow band solid-liquid composite arrangements - alternative solutions for phononic crystal-based liquid sensors  
Sensors - Basel: MDPI, Volume 19, issue 17 (2019), article 3743, insgesamt 15 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.031]

**Neugebauer, Christoph; Diez, Eugen; Bück, Andreas; Palis, Stefan; Heinrich, Stefan; Kienle, Achim**

On the dynamics and control of continuous fluidized bed layering granulation with screen-mill-cycle  
Powder technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 354.2019, S. 765-778; <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2019.05.030> 10.15480/882.2333;  
[Sonstige Körperschaft: Technische Universität Hamburg, Institute of Solids Process Engineering & Particle Technology; Sonstige Körperschaft: Technische Universität Hamburg]  
[Imp.fact.: 3.413]

**Reeh, Heike; Rudolph, Nadine; Billing, Ulrike; Christen, Henrike; Streif, Stefan; Bullinger, Eric; Schliemann-Bullinger, Monica; Findeisen, Rolf; Schaper, Fred; Huber, Heinrich; Dittrich, Anna**

Response to IL-6 trans- and IL-6 classic signalling is determined by the ratio of the IL-6 receptor  $\alpha$  to gp130 expression - fusing experimental insights and dynamic modelling  
Cell communication and signaling - London: Biomed Central, Vol. 17.2019, 1, Art. 17:46, insgesamt 21 Seiten;  
[Imp.fact.: 5.111]

**Seifullaev, Ruslan; Knorn, Steffi; Ahlén, Anders**

The effect of uniform quantization on parameter estimation of compound distributions  
IEEE control systems letters - New York, NY: IEEE, Bd. 3.2019, 4, S. 1032-1037;

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Edner, Falco; Steinmann, Ulrike**

Dynamisches haptisches Feedback für Multi-Touch-Interaktionen  
20. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2019 - AMA Service GmbH, S. 634-641;  
[Tagung: 20. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2019, Nürnberg, 25.-26.06.2019]

**Fjällström, Eva; Forsberg, Christoffer; Trulsson, Felix; Knorn, Steffi; Staffas, Kjell; Varagnolo, Damiano; Wrigstad, Tobias**

Courses-concepts-graphs as a tool to measure the importance of concepts in university programmes  
2019 18th European Control Conference (ECC)/ European Control Conference - [Piscataway, NJ]: IEEE; Garofalo, Franco, S. 3076-3083;  
[Konferenz: 18th European Control Conference, ECC, Naples, Italy, 25-28 June 2019]

**Potluri, Sasanka; Chandran, Arvind Beerjapalli; Diedrich, Christian; Schega, Lutz**

Machine learning based human gait segmentation with wearable sensor platform  
2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society - [Piscataway, NJ]: IEEE, S. 588-594;  
[Konferenz: 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, Berlin, Germany, 23-27 July 2019]

**Potluri, Sasanka; Ravuri, Srinivas; Diedrich, Christian; Schega, Lutz**

Deep learning based gait abnormality detection using wearable sensor system

2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society - [Piscataway, NJ]: IEEE, S. 3613-3619;

[Konferenz: 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, Berlin, Germany, 23-27 July 2019]

**Rathi, Sanchit; Deckert, Martin; Lippert, Michael; Ohl, Frank W.; Brosch, Michael; Schmidt, Bertram**

Low cost artificial cortex phantom for the early-stage evaluation of microelectrode arrays

14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtag - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 151-155;

[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

## WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEN

**Fay, Alexander; Gehlhoff, Felix; Seitz, Matthias; Vogel-Heuser, Birgit; Baumgärtel, Hartwick; Diedrich, Christian; Lüder, Arndt; Schöler, Thorsten; Sutschet, Gerhard; Verbeet, Gerhard**

Agenten zur Realisierung von Industrie 4.0 - VDI-Statusreport : Juli 2019

Düsseldorf: VDI, 2019, 1 Online-Ressource (24 Seiten, 1,65 MB), Illustrationen;

[Literaturverzeichnis: Seite 18-19]

## HERAUSGEBERSCHAFTEN

**Jumar, Ulrich; Jasperneite, Jürgen**

Kommunikation in der Automation - KommA 2019 : 20.-21.11.2019 : 10. Jahreskolloquium

Magdeburg: Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg: An-Institut der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2019, 1. Auflage, 1 USB-Stick, Illustrationen;

Kongress: Jahreskolloquium Kommunikation in der Automation 10 (Magdeburg : 2019.11.20-21) [Der USB-Stick enthält Proceedings (sowie Abstracts und Programm); Veranstaltungsort: Magdeburg; Literaturangaben]

## NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Diedrich, Christian**

Datenidentifikation -adressierung und semantische Referenzierung

Kommunikation in der Automation - KommA 2019 : 20.-21.11.2019 : 10. Jahreskolloquium - Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg - Universitaetsbibliothek; !824428315!Jumar, Ulrich \*1959-\* ; ID:

gnd/1070667692, insges. 10 S., 2019;

[Konferenz: KommA 2019, 20-21.11.2019, Magdeburg]

**Steinmann, Ulrike; Hoppe, Axel; Aue, Jörg**

Inline process analysis with wireless powered sensors

18. GI/ITG KuVS Fachgespräch SensorNetze, FGSN 2019 - Programm : 19. September-20. September, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg - Magdeburg, S. 49-52;

[Tagung: FGSN 2019, 19. und 20. September 2019, Magdeburg]

## ANDERE MATERIALIEN

**Hoppe, Axel; Wöckel, S.; Steinmann, Ulrike**

Demo - Inline process analysis with wireless powered sensors

18. GI/ITG KuVS Fachgespräch SensorNetze, FGSN 2019 - Programm : 19. September-20. September, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg - Magdeburg, S. 57-58;

[Tagung: FGSN 2019, 19. und 20. September 2019, Magdeburg]

## DISSERTATIONEN

### **Fochtmann, Jörg; Steinmann, Ulrike [GutachterIn]**

Non-destructive quality control of the contact normal force in electrical connectors - a sensor and system approach

Aachen: Shaker Verlag, 2019, 1. Auflage, XVIII, 166 Seiten, 88 Illustrationen, Diagramme, 21 cm, 282 g - (Berichte aus der Elektrotechnik);

[Literaturverzeichnis: Seite 142-151]

### **Hast, Daniel; Findeisen, Rolf [AkademischeR BetreuerIn]**

Structured design of parametric fault candidates - a set-based approach

Düren: Shaker, 2019, 1. Auflage, XV, 133 Seiten, 37 Illustrationen, 21 cm x 14.8 cm, 225 g - (Contributions in Systems Theory and Automatic Control, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; 8)

### **Kern, Benjamin; Findeisen, Rolf [AkademischeR BetreuerIn]**

Set-based methods for interconnected control systems

Magdeburg, 2017, ii, 3, 105 Blätter, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Blatt 99-105]

### **Reinhold, Christian; Jumar, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]**

Bestimmung elektromagnetischer Materialparameter von Werkstoffen für die kontaktlose Energie- und Datenübertragung

Magdeburg, 2019, iv, 177 Seiten, Illustrationen;

[Literaturverzeichnis: Seite 161-174]

### **Schneider, Eugenia; Kienle, Achim [AkademischeR BetreuerIn]**

Mathematische Modellierung und Simulation von in-silico Protozellen nach dem Modularisierungs- und Baukastenprinzip

Magdeburg, 2019, xiv, 115 Seiten, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 103-115]