



# INSTITUT FÜR AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 0391 67-18589, Fax. 0391 67-11186  
Email: Annett.Bartels@ovgu.de

## 1. Leitung

Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich (Geschäftsführender Leiter)  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen  
Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle  
Hon. Prof. Dr.-Ing. Ulrich Jumar

## 2. Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen  
Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle  
Hon. Prof. Dr.-Ing. Ulrich Jumar

## 3. Forschungsprofil

### 1. Professur Automatisierungstechnik/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 und Wirbelschichtsprühgranulation), chromatographische Prozesse sowie kombinierte Reaktions- und Stofftrennprozesse (Reaktion und Destillation oder Reaktion und chromatographische Trennprozesse). Aktuelle Anwendungsbeispiele aus dem Gebiet der Energiesysteme betreffen Brennstoffzellensysteme sowie das optimale Energiemanagement in Produktionssystemen. Aktuelle Fragestellungen aus dem Bereich der Systembiologie betreffen Untersuchungen zur Modellierung der Influenza Virusreplikation in Säugerzellen und zur nichtlinearen Dynamik zellulärer Systeme.

### 2. 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

### 3. 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
  - Sensitivitätsanalyse
  - Systemtheoretische Methodenentwicklung für die Systembiologie und Biomedizin
- Anwendungen
  - Regelung schneller mechatronischer Systeme
  - Regelung und Überwachung chemischer Prozesse
  - Modellierung, Analyse und Therapieentwurf des kraftinduzierten Knochenwachstums

## 4. Forschungsprojekte

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Franziska Wolf

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.04.2010 - 31.03.2013

### **ASIMOF**

Das Gesamtziel des vom Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt geförderten Projektes ASIMOF (**A**ltersgerechte und **s**ichere **M**obilität in der **F**läche) besteht in der Konzeption eines im Hinblick auf den demographischen Wandel zukunftsfähigen und qualitativ hochwertigen Mobilitätsmanagements in Sachsen-Anhalt. Dafür werden Anforderungen relevanter Zielgruppen mit technischen und organisatorischen Voraussetzungen von Mobilitätsdienstleistern abgestimmt. Ziel ist die diskriminierungsfreie und personalisierte Bereitstellung von intermodalen Verkehrsinformationen im Rahmen eines integrierten Informations- und Kommunikationskonzeptes auf verschiedenen Endgeräten.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Projektbearbeiter:** Christoph Engel

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.11.2011 - 31.10.2013

### **AutomatiSch – Automation an der**

Die informationstechnische Vernetzung der verschiedenen Akteure im Verkehrsbereich gewinnt nicht zuletzt aufgrund politische Vorgaben zunehmend an Bedeutung. Dabei spielt auch die intermodale Vernetzung des Individualverkehrs (IV) und des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) eine immer größere Rolle. Der Zugang zu den derzeit eingesetzten Systemen bildet jedoch nach wie vor für die angestrebte Vernetzung auf verschiedenen Ebenen eine Hürde, die es zu überwinden gilt. So verwenden die verschiedenen Systeme des IV und ÖV unterschiedliche Modelle zur internen Repräsentation und Verarbeitung der Daten, die nicht zueinander kompatibel sind.

Ziel des vorgeschlagenen Projektes ist es daher ein System zu entwickeln, dass die Modelle der einzelnen zu verbindenden Systeme aufeinander abbildet und damit ineinander überführbar macht, ohne dass die Systeme selbst angepasst werden müssen. Durch den Einsatz semantischer Technologien zum Auffinden relevanter Daten anhand ihrer Bedeutung, zur Optimierung von Datenströmen bis hin zur Generierung neuer Daten anhand von implizit vorhandenem Wissen soll dabei auch ein über die Transformation der einzelnen Systemmodelle hinausgehender Mehrwert geschaffen werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Projektbearbeiter:** Holger Zipper

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.01.2011 - 31.03.2013

### **ConTest - ConTest - Verteiltes Testsystem für Automatisierungsanlagen**

Ziel des beantragten Projektes ist die Entwicklung eines verteilten Testsystems zur Überprüfung der System-Konformität von Automatisierungsanlagen. Die Testung auf Geräte-Konformität kann dabei als Spezialfall der Testung auf System-Konformität angesehen werden, d.h. das zu entwickelnde Testsystem kann auch für diesen Einsatz genutzt werden. Basis des Tests ist eine formalisierte Spezifikation des Systemverhaltens.

Die Darstellung des zeitlichen Ablaufes und der auszutauschenden Signale werden über Sequenzdiagramme beschrieben. Das Verhalten einer Systemkomponente wird mittels eines Zustandsdiagramms dargestellt. Das Testsystem besteht aus den Komponenten TestSuite Generator, TestShell und TestAdapter. Aus der Spezifikation werden mittels des TestSuite Generators die TTCN-3 Beschreibungen der Testfälle der einzelnen Systemkomponenten (TestSuite Part 1 - Part N) sowie eine Beschreibung des erwarteten Systemverhaltens (TestSuite Part Evaluation) erzeugt. Der Testadapter dient sowohl der Ankopplung an das Kommunikationssystem als auch der Ausführung zeitkritischer Bestandteile der Testsuite.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Kooperationen:** ifak system GmbH

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.11.2011 - 29.10.2013

### **FEMA - FeldMediator in der Automatisierung**

Hauptziel des Vorhabens ist die Entwicklung der Hard- und Software einer feldnahen modularen Automatisierungskomponente (Parametrierverserver) mit Feldbusanschluss, welche die bewährte Geräte- und Produktdatenbeschreibungstechnologie EDD (Electronic Device Description) und das weiterentwickelte Konzept Field Device Integration (FDI) mit dieser neuen Informationsvorverarbeitung (CEP, ESP) in der Automatisierungskomponente kombiniert. Die Erweiterung der Vorverarbeitung in die Feldebene ermöglicht insbesondere den heute auch in der Automatisierungstechnik gewünschten Einsatz mobiler "Thin-Clients" (z.B. Handheld, Smartphone, iPad), die vornehmlich der Informationspräsentation dienen. Dies wird durch dieses Projekt ermöglicht, indem auf dem Parametrierverserver die modernen IT Kommunikationsprotokollen wie Ethernet-basierte Web-Services zum Einsatz kommen. Außerdem wird auch die Durchgängigkeit der Informationen vom Feldgerät zu den Standard-Client-Anwendungen wie z.B. zu den Wartungs- und Instandhaltungswerkzeuge, den Produktions-prozessüberwachungs- und -steuerungssysteme oder zu MES-Systeme verbessert.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Thomas Hadlich

**Förderer:** DFG; 01.10.2010 - 31.03.2013

### **Funktionaler Anwendungsentwurf für verteilte Automatisierungssysteme FAVA**

Der Wunsch, komplexe automatisierte Systeme und Anlagen (z.B. Produktionsanlagen) gesamtheitlich optimal zu betreiben, führt zu einer Zunahme der informationstechnischen Kopplungen zwischen vormals getrennten Regelungs- und Steuerungsaufgaben.

Bedingt durch die räumliche Ausdehnung der Anlagen führt dies zu verteilten Automatisierungssystemen, in denen verschiedene Komponenten Automatisierungsaufgaben ausführen und miteinander über Kommunikationssysteme vernetzt sind.

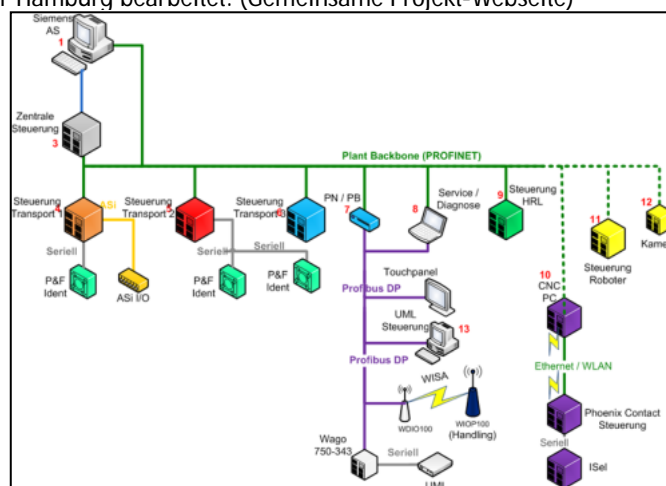
Herkömmliche Entwurfsmethoden für Automatisierungssysteme fokussieren im Allgemeinen auf zentralistische Strukturen. Auch wenn es inzwischen erste Beschreibungsmittel für verteilte Automatisierungssysteme gibt, so fehlt es an einer Methodik für den systematischen Entwurf solcher verteilter Automatisierungssysteme.

"Systematisch" bedeutet dabei, einerseits die besonderen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen, die sich aus der Verteilung und den Kommunikationserfordernissen ergeben, zu berücksichtigen und andererseits Wiederverwendung von guten Lösungen zu fördern. In diesem Forschungsvorhaben soll eine solche Methodik entwickelt und evaluiert werden. Dafür werden die Systemelemente "Komponente", "Struktur" und "Kommunikation" durch Merkmale beschrieben.

Diese werden mit funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen, die in geeignet erweiterten Beschreibungsmitteln dokumentiert werden, in Beziehung gesetzt.

Dem Ziel der Wiederverwendung soll dadurch Rechnung getragen werden, dass mögliche Automatisierungslösungen in Form von Entwurfsmustern dargestellt werden, die einerseits auf diese Merkmale referenzieren und andererseits diese erweiterten Beschreibungsmittel verwenden.

Die Eignung dieses Ansatzes, den Entwurfsprozess zielgerichtet zu leiten und zu unterstützen, soll in diesem Vorhaben erforscht werden. Die Schwerpunkte des Instituts für Automatisierungstechnik (IFAT) im Projekt sind Engineeringmethoden für Automatisierungssysteme, Kommunikationstechnik, Softwareentwicklungsprozesse für automatisierungstechnische Anwendungen und Informationsmanagement, insbesondere formalisierte Beschreibungen sowie Geräte- und Produktdatenbeschreibungen. Das Projekt wird gemeinschaftlich mit dem Lehrstuhl für Informationstechnik im Maschinenwesen der TU München und der Professur für Automatisierungstechnik der Universität der Bundeswehr Hamburg bearbeitet. (Gemeinsame Projekt-Webseite)



**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Kooperationen:** Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.03.2013 - 28.02.2015

#### **HYBRID - Entwicklungsumgebung für Multicore-basierte hochdynamische, profilbasierte Feldgeräte**

Das Projekt ist dem Bereich der eingebetteten industriellen Systeme, vor allem der Unterstützung des Entwicklungsprozesses für Automatisierungsgeräten zuzuordnen. Ein Hersteller von Feldgeräten muss verschiedene Feldbusssysteme unterstützen, um ein möglichst breites Einsatzfeld seiner Produkte zu erreichen. Dabei muss ein Feldgerätehersteller erheblichen Aufwand treiben, um seine Funktionalität auf die Dienste der spezifischen Feldbusse abzubilden. Ziel ist es, die Feldbuspezifika wie z.B. Kommunikationsdienste oder Geräteprofile so in einer generischen Abstraktionsschicht einzubringen, dass die hersteller- und gerätetypspezifische Funktionalität von Automatisierungsgeräten universell anzuschließen ist. Dafür sollen vorgefertigten anpassungsfähige Hard- und Softwaremodule entworfen werden. Dadurch reduziert sich der Entwicklungs- und Wartungsaufwand für verschiedene, feldbuspezifische Varianten eines Gerätes. Im Fokus der Forschung und Entwicklung steht die für Antriebsapplikationen benötigte hohe Performance unter Berücksichtigung der speziellen Anforderungen der

Multicore-Architektur, die durch einen hybriden Modellansatz des Entwicklungsframes umgesetzt werden soll.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Projektbearbeiter:** Jens Grützner

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.02.2012 - 31.03.2013

#### **Intelligente Rehabilitationsschiene für motorisch geschädigte Patienten**

Schlaganfallpatienten mit einseitigen Lähmungserscheinungen kann man behandeln, indem mit dem gelähmten Bein sehr oft wiederholend die Gehbewegungen durchgeführt werden. Ziel ist es, diese Bewegungen wieder anzulernen. Nach sind dafür neben den durch die Bewegung ausgelösten Nervenreizen auch eine Stimulierung der Mechanorezeptoren in der Fußsohle durch Belastung erforderlich. Daher ist Durchführung der Behandlung in aufrechter Haltung erforderlich. Aufgrund der Lähmung ist es dem Patienten jedoch nicht möglich, sein Körpergewicht selbst zu tragen, so dass ein entsprechendes Trainingsgerät neben der Bewegungsfunktionalität auch einen dynamischen Ausgleich des Gewichts realisieren. Entsprechende medizinische Systeme sind sehr groß und nur stationär zu betreiben.

Ziel dieses Projektes ist es, eine mobile Bewegungsschiene zu entwickeln, die vom Pflegepersonal und den Therapeuten zum Patienten gebracht werden kann und erheblich preiswerter als bisherige Lösungen ist. Dadurch können sich Krankenhäuser und therapeutische Einrichtungen eher entscheiden, auf diese Behandlungsmethode zurückzugreifen. Dies ist zum Wohle des Patienten und erhöht auch die Chance auf eine Rückkehr in ein selbstbestimmtes Leben.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich

**Projektbearbeiter:** Zheng Liu

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.08.2012 - 31.07.2014

#### **VIVA - Virtualisierung & Validierung von automatisierten Anlagen und Maschinen**

Eine schnelle und reibungslose Abwicklung des gesamten Engineeringprozesses ist immer das gewünschte Ziel aller Projektteilnehmer, das leider noch nicht erreicht ist. Ein bedeutender Flaschenhals liegt in der Phase der Inbetriebnahme, die zwischen der Planung und dem eigentlichen Produktionsbetrieb liegt. Dafür findet die Methode der Virtuellen Inbetriebnahme (VIBN) Anwendung. Trotz der großen Fortschritte, die es in dieser Thematik in den letzten Jahren gegeben hat, gibt es immer noch einige Aspekte, die einem durchgängigen, flächendeckenden Produktiveinsatz in der Automobilindustrie und anderen Produktionsbereichen entgegenwirken. Viele der oben gelisteten Defizite sind auf eine mangelnde Validierungsmethode zurückzuführen. Deswegen setzt das Projekt aufs Ziel, eine methodische Unterstützung zur weiteren Verbesserung der Planung und Entwicklung von Automatisierungssystemen durch projektbegleitende Validierungsschritte während der Projektabwicklung. Zwei wesentliche Funktionalitäten, die Funktionale Virtualisierung und die Funktionale Validierung, sollen die zu erarbeitende Lösung vom Stand der Technik abheben. Dies wird als eine Projektassistenz implementiert.

---

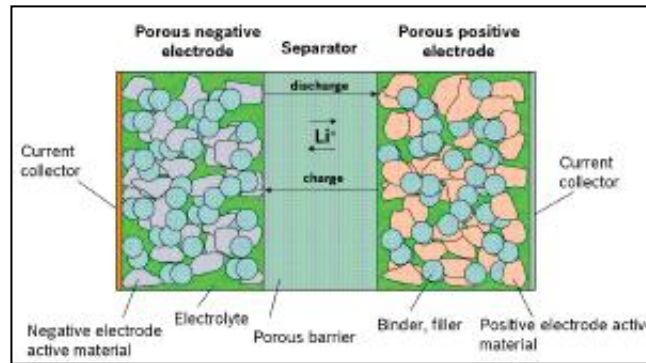
**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Robert Bosch LLC Research and Technology Center North America, Palo Alto

**Förderer:** Industrie; 01.06.2009 - 31.12.2013

#### **Modellierung, Analyse und optimale Ladestrategien für Lithium Ionen Batterien**

Today s Li-ion batteries for hybrid and electric vehicles face serious challenges in meeting lifetime requirements. The objective of this project is to develop new electrochemical models that describe the dynamic behavior and aging of Li-ion batteries. Based on these models observers are designed that allow to estimate the state of charge, as well as the aging state of the batterie. Utilizing the derived models and observers, furthermore, optimal charging strategies for the batterie should be obtained.



**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Siemens AG

**Förderer:** Industrie; 01.10.2012 - 30.09.2015

#### **Advanced Factory Control**

Für eine nachhaltige und signifikante Steigerung der Produktivität und Flexibilität in Produktionsprozessen ist zwingend die Repräsentation von Modellen, Unsicherheiten und Störungen notwendig. Basierend auf diesen Repräsentationen kann dann eine Adaptation an aktuelle Fertigungsbedingungen und Störungen, sowie eine Prozessoptimierung durchgeführt werden. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden optimierungs- und mengenbasierten Verfahren und Software zur Repräsentation von Modellen, Unsicherheiten und Störungen sowie zur Prozessoptimierung und Erkennung von Fehlern für Produktionsprozesse entwickelt, welche garantierte Aussagen erlauben und echtzeitfähig sind.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

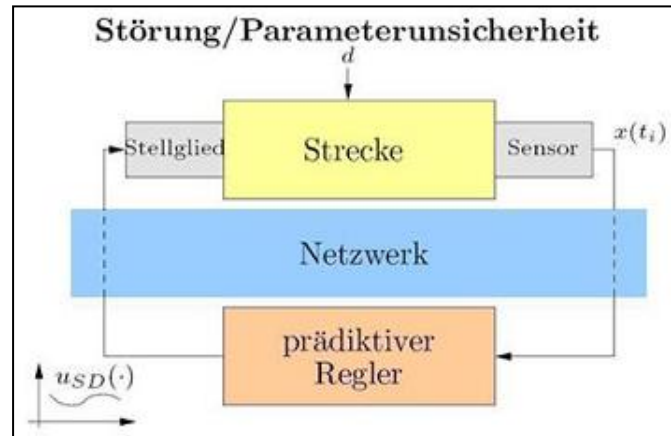
**Projektbearbeiter:** Development of asynchrone predictive control methods for network controlled systems

**Kooperationen:** Prof. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart; Prof. Lars Grüne, Universität Bayreuth; Universität Bayreuth, Mathematisches Institut, Prof. L. Grüne; Universität Stuttgart, Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik, Prof. F. Allgöwer

**Förderer:** Sonstige; 01.12.2009 - 01.11.2013

#### **Entwicklung asynchroner prädikativer Regelungsverfahren für digital vernetzte Systeme**

Ziel des vorliegenden interdisziplinären Kooperationsprojekts ist die Entwicklung innovativer asynchroner prädikativer Regelungsverfahren für nichtlineare Systeme unter direkter Berücksichtigung nichtdeterministischer Netzwerke zur Informationsübertragung. Insbesondere sollen Verfahren entwickelt und analysiert werden, mit denen Stabilität des geschlossenen Kreises trotz auftretender variabler Verzögerungen und möglicher Paketverluste rigoros garantiert werden kann. Daneben soll untersucht werden, wie mit Hilfe prädikativer Methoden der Datenaustausch zwischen Regler, Sensor und Stellglied minimiert werden kann. Prädiktive Regelungsverfahren sind für die Betrachtung von Verzögerungen und Paketverlusten hervorragend geeignet, da sie, wie in diesem Antrag vorgeschlagen a) eine explizite Betrachtung der auftretenden asynchronen Strukturen erlauben und b) eine "Kompensation" der auftretenden Verzögerungen/Paketverluste im Rahmen der durchgeführten Prädiktion zur Stellsignalbestimmung erlauben. Die zu entwickelnden Regelungsverfahren sollen ähnlich universell einsetzbar sein wie traditionelle prädiktive Regelungsverfahren, und die asynchrone Struktur des digitalen Netzwerks bereits in der Entwurfsphase einbeziehen.

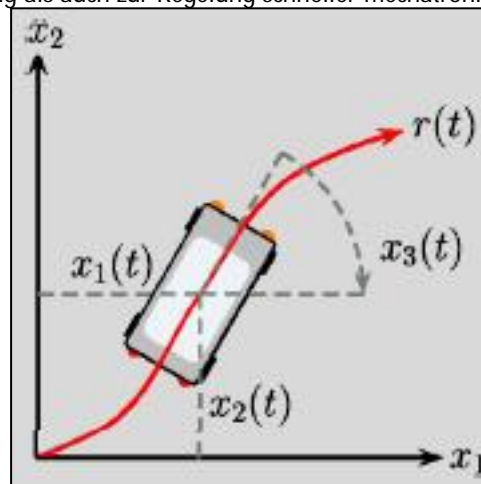


**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Förderer:** Haushalt; 01.12.2009 - 30.12.2013

**Pfadverfolgung und Optimierende Regelung Nichtlinearer Systeme**

Viele praktische Regelungsaufgaben verlangen nicht die Stabilisierung eines festen (vorgegebenen) Arbeitspunkts, sondern den Entwurf einer Regelung, welcher eine gegebene Gütefunktion optimiert oder das System einer zeitlich oder räumlich vorgegebenen Trajektorie folgen lässt. Erschwerend kommt oftmals hinzu, dass Beschränkungen an die auftretenden Prozessgrößen strikt eingehalten werden müssen, und dass oftmals erhebliche Störungen auf das System einwirken. Im Augenblick gibt es kaum geeigneten Regelungsverfahren zur strukturierten Lösung dieser Problemstellung. Daneben sind Fragen der Art der zu betrachtenden Stabilität sowie Robustheit bei sich ständig ändernden Regelzielen bisher nur wenig betrachtet worden. Im Rahmen dieser Arbeit sollen geeignete Verfahren und Methoden zur Lösung dieser Fragestellung mit Hilfe optimierungsbasierter Regelungsverfahren entwickelt und sowohl auf Probleme aus der Prozessführung als auch zur Regelung schneller mechatronischer Systeme angewendet werden.



Pfadfolgeproblem für einen Mobilroboter

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Bosch Batterie Systems; BOSCH RTC

**Förderer:** Industrie; 01.01.2010 - 31.12.2014

**Advanced Battery Control and Estimation**

There is a strong need for advanced control methods in battery management systems, especially in the plug-in hybrid and electric vehicles sector, due to cost and safety issues of new high-power battery packs and high-energy cell design. Limitations in computational speed and available memory require the use of very simple battery models and basic control algorithms, which in turn result in suboptimal utilization of the battery. This work investigates the possible use of optimal control and estimation strategies for Li-Ion batteries using first principle models.



**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt/ohne Gutachtersystem); 01.12.2008 - 30.06.2013

**Analysis and Modeling of Multisite Phosphorylation Processes**

Multisite phosphorylation is an important process in cellular information processing. It is known that mathematical models derived from this process can exhibit all sorts of complex dynamical behaviour (bistability, limit cycles, . . . ), where, in the context of information processing, bistability is arguably of greatest importance. In the frame of this project the bistability of multisite phosphorylation is modeled, examined, and experimentally verified.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Prof. Dr. Dr. h.c Hans Georg Bock, Universität Heidelberg; Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell, Universität Dortmund; Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt, RWTH Aachen

**Förderer:** DFG; 01.01.2012 - 31.12.2014

**Effiziente robuste nichtlineare prädiktive Regelung mit Stabilitäts- und Lösbarkeitsgarantie unter Betrachtung verschiedener Zeitintervalle**

In den letzten Jahrzehnten gab es außergewöhnliche Fortschritte sowohl in theoretischen als auch in anwendungsbezogenen Fragestellungen im Bereich der prädiktiven Regelung. Zum jetzigen Zeitpunkt gilt die prädiktive Regelung als eines der vielversprechendsten Verfahren um komplexe, nichtlineare Prozesse unter Berücksichtigung von Beschränkungen zu regeln. Jedoch gibt es bis heute noch keine befriedigenden, theoretisch fundierten prädiktiven Regelungen die robust Stabilität garantieren und praktisch einsetzbar sind. Die Gründe hierfür sind zahlreich, oftmals ist die Lösung des resultierenden Optimierungs-problems in Echtzeit nicht möglich, oder die Ansätze führen zu einem erheblich konservativem Verhalten.

Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, neuartige Methoden für den Entwurf von robusten, nichtlinearen prädiktiven Reglern zu entwickeln, die sowohl Stabilität garantieren als auch vorhandene Beschränkungen explizit berücksichtigen können. Weiterhin sollen die Verfahren keinen zu hohen Rechenaufwand aufweisen und nicht zu konservativ sein. Basis zur Lösung dieser Fragestellungen ist ein innovativer Lösungsansatz, in dem das ursprüngliche robuste Optimierungsproblem in über die Zeitachse verteilte, leichter zu lösende robuste Teilprobleme zerlegt wird. Aufgrund der Struktur der Teilprobleme, ist es möglich, diese zu jedem Zeitpunkt effizient und parallel zu lösen. Stabilität und die Erfüllung der Beschränkungen, sowie das Erreichen einer möglichst optimalen Lösung wird durch geeignete Koppelbedingungen garantiert. Möglichen Einschränkungen in der Regelgüte soll mit Hilfe verschiedener Störgrößenbeschreibungen und durch die Betrachtung von Ereignisbäumen entgegengewirkt werden.

Das resultierende prädiktive Regelungsverfahren wird effizient implementierbar sein, sowie einen guten Kompromiss aus Effizienz, Störgrößenunterdrückung und dem notwendigen Rechenaufwand aufweisen. Somit hat das entwickelte prädiktive Regelungsverfahren das Potential heutige robuste prädiktive Regelungsverfahren, die sich nicht praktisch einsetzen lassen, zu ersetzen.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Universität Bayreuth, Mathematisches Institut, Prof. L. Grüne; Universität Stuttgart, Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik, Prof. F. Allgöwer

**Förderer:** DFG; 01.01.2011 - 31.12.2013

**Entwicklung dezentraler asynchroner prädiktiver Regelungsverfahren für digital vernetzte Systeme (ASYPRED-DEZYPRED)**

Aufgrund der Fortschritte im Bereich der Informationstechnologie bestehen heutige Regelungsstrukturen für komplexe Systeme oftmals aus einer Reihe von Einzelregelkreisen, welche durch Informationsnetzwerke verkoppelt sind. Beispiele hierfür sind komplexe chemische Anlagen, deren Anlagenkomponenten oftmals getrennt geregelt und betrieben werden, aber über ein Kommunikationsnetz Informationen austauschen können; Schwärme von Mobilfunkrobotern oder autonomen Objekten (Fahrzeugen, Drohnen), die - obwohl einzeln geregelt - ein gemeinsames Ziel erreichen sollen; Windparks, bei denen die Windturbinen getrennt geregelt und zugleich miteinander vernetzt werden, um auf Störungen schneller reagieren zu können. Diesen vielfältigen anwendungsgetriebenen Herausforderungen steht nur eine überschaubare Anzahl existierender, methodisch fundierter Strategien für den Reglerentwurf und die Analyse komplexer, gekoppelter und über Informationsnetzwerke interagierender Systeme gegenüber.

Ziel des vorliegenden interdisziplinären Kooperationsprojektes ist es, basierend auf den Ergebnissen der ersten Antragsperiode neue dezentrale, prädiktive Regelungsverfahren zu entwerfen. Die einzelnen Regelkreise sollen hierbei nur Informationen ihres eigenen Teilsystems sowie Informationen ihrer "Nachbarsysteme" verwenden. Im Mittelpunkt steht, neben garantierter Stabilität und möglichst hoher Regelgüte, die Abschätzung des für das Erreichen der Regelziele notwendigen Informationsaustauschs. Weiterhin soll untersucht werden, ob und wie es möglich ist, ohne Verlust der Stabilität und bei garantierter Erreichung des Gesamtziels auf Beschränkungen und Änderungen in der Informations- und Verkopplungsstruktur zwischen den einzelnen Subsystemen zu reagieren.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Förderer:** Industrie; 01.06.2011 - 30.05.2014

#### **Fault Detection of Hydraulic Systems**

In technischen Prozessen sind Parameter, wie zum Beispiel Reibkoeffizienten mechanischer Baugruppen oft nicht exakt bekannt, sondern durch die Angabe eines Bereiches beschrieben, in dem die Werte der Parameter liegen. Für die modellbasierte Regelung und die Fehlerdiagnose ist eine möglichst exakte Modellierung von grundlegender Bedeutung. Dafür ist, neben dem qualitativen Wissen der physikalischen Systemzusammenhänge auch die Kenntnis über reale Parameterwerte notwendig. Zur Ermittlung von Parametern aus Messwerten dienen Methoden der Parameterschätzung (oder auch Systemidentifikation), wie zum Beispiel optimierungsbasierte oder mengenbasierte Verfahren. Im Rahmen des Forschungsprojekts sollen Methodik zur Parameterschätzung und Fehlerdetektion für hydraulische Axialkolbenmaschinen entwickelt werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Dr. Steffen Klamt, Max-Planck-Institut Magdeburg; Prof. Fred Schaper, IBIO, Universität Magdeburg; Prof. Thomas Fischer, Klinik für Hämatologie und Onkologie, Universitätsklinik Magdeburg

**Förderer:** Bund; 01.01.2013 - 30.12.2015

#### **JaK-Sys: Quantitative Modellierung und Analyse von dysbalancierter Signaltransduktion durch JAK2-V617F basierend auf qualitativen Daten**

Ziel des Forschungsprojektes JaK-Sys ist es, ein besseres Verständnis über die Entstehung von myeloproliferativen Neoplasien (MPN) zu gewinnen und neue Therapieansätze zu identifizieren. Viele molekulare Mechanismen und unterschiedliche Signalwege sind an der Entstehung von MPN Krankheiten beteiligt. Der Schwerpunkt des Projektes liegt auf dem Verständnis der pathogenetischen Rolle einer konstitutiv aktiven Mutanten der Janus-Kinase 2 (JAK2). Die aktivierende JAK2-V617F Mutation wird in 95% der Patienten mit Polycythaemia vera (PV) gefunden, in etwa 50% der Patienten mit essenzieller Thrombozythämie (ET) oder primärer Myelofibrose (PMF) und seltener in anderen myeloischen Erkrankungen. Somit bilden mutierte JAK2 und ihre spezifischen Signalwege attraktive therapeutische Ziele für MPN Patienten. Das derzeitige Wissen zu den molekularen Mechanismen und die durch die JAK2-V617F-Mutation resultierende Deregulation ist nur sehr unvollständig. Um das komplexe Zusammenspiel der vielen Signal- und Einflussfaktoren zu verstehen, sind ausschließlich biologische Methoden und Experimente nicht ausreichend. Gründe hierfür sind die Komplexität der Signalwege und die unterschiedliche Art und Qualität der biologischen und experimentellen Daten. Der Ansatz dieses Projektes ist es, qualitative und quantitative Modellierungsansätze zu kombinieren und modellgetriebene Experimente durchzuführen. Mit diesem innovativen Ansatz wollen wir: 1) die Dynamik und die Mechanismen der JAK2-V617F-abhängigen deregulierten Signalwege untersuchen und 2) geeignete Strategien für die therapeutische Intervention bei myeloproliferativen Neoplasien identifizieren. In den letzten Jahren wurden bereits mehrere kleinere dynamische Teilmodelle zu den JAK-Signalwegen veröffentlicht. Die Untersuchung dieser Modelle und deren Aussagekraft im Zusammenhang mit MPN ist jedoch sehr beschränkt. Die Gründe dafür sind, dass diese Modelle nicht alle wichtigen Komponenten und Interaktionen enthalten, die erforderlich sind, um das JAK2-V617F-bedingte anormale Regulationsverhalten zu erklären und vorherzusagen. Darüber hinaus gibt es für die meisten Komponenten, Interaktionen und Prozesse des Netzwerks nur qualitative experimentelle und biologische Daten. Um das feine Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten und Interaktionen zu verstehen, sind jedoch quantitative Daten und neue Modellierungsansätze notwendig. Um die MPN zu analysieren, werden in diesem Projekt neue Methoden aus der Systemtheorie und der *Computational Systems Biology* kombiniert und weiterentwickelt. Im Zentrum stehen hierbei Methoden, die es erlauben, qualitativen, semi-quantitativen und unsicheren Daten direkt zu

beruicksichtigen. Qualitative Modellierungsansätze (basierend z.B. auf logischen Modellen oder Interaktionsgraphen) sowie Ansätze zur quantitativen Modellierung (basierend z.B. auf gewöhnlichen Differentialgleichungen) werden in innovativer Art und Weise kombiniert, um die bei der MPN relevanten Signalprozesse zu beschreiben und aus verschiedenen Perspektiven und Abstraktionen zu studieren. Darüber hinaus wird das Ziel verfolgt, Beziehungen zwischen qualitativen/diskreten und kontinuierlichen Modellbeschreibungen zu finden. Dieses soll erreicht werden, indem Methoden entwickelt werden, die semi-quantitative Vorhersagen mittels qualitativen Modellen sowie semi-qualitative Voraussagen mittels quantitativen Modellen erlauben.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

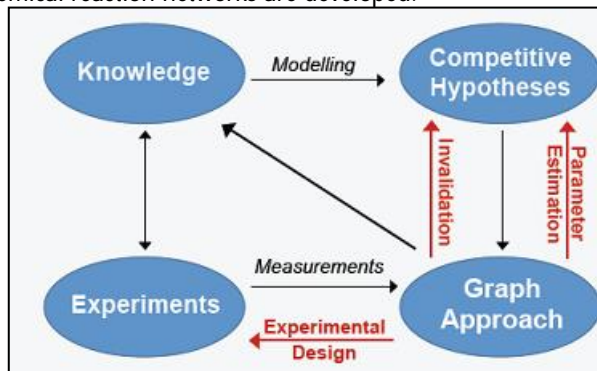
**Kooperationen:** Dr. Eric Bullinger, Glasgow University; Dr. Sandro Bosio; Prof. Robert Weismantel

**Förderer:** Haushalt; 01.12.2009 - 31.12.2013

#### **Parameteridentifikation, Modellverifikation und Experiment Design biochemischer Reaktionsnetzwerke**

Current approaches to parameter estimation and model invalidation are often inappropriate for biochemical reaction networks. This is because often only noisy measurements and sparse experimental data is available, and since this does not take the special structure of biochemical reaction networks into account.

In the frame of this project new theoretical methods for model invalidity and parameter estimation, as well as experimental design for biochemical reaction networks are developed.



**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Kooperationen:** Prof. Georg Schitter, Delft University; Robert Bosch AG, Stuttgart

**Förderer:** Haushalt; 01.12.2008 - 01.12.2013

#### **Regelung schneller mechatronischer Systeme unter Beschränkungen**

Viele mechatronische Systeme sind stark nichtlinear und unterliegen Begrenzungen an die Zustands- und Eingangsgrößen. Im Rahmen dieses Projekts werden optimierungsbasierte Regelungsverfahren und Methoden entwickelt, welche sich auf schnelle mechatronische Systeme anwenden lassen und diese Beschränkungen berücksichtigen. Hierbei werden systemtheoretische Ansätze mit geeigneten numerischen Methoden kombiniert.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

**Förderer:** Industrie; 01.01.2012 - 30.12.2014

#### **Set-Based Approaches for Battery Systems**

There is a strong need for advanced control methods in battery management systems, especially in the plug-in hybrid and electric vehicles sector, due to cost and safety issues of new high-power battery packs and high-energy cell design. Limitations in computational speed and available memory require the use of very simple battery models and basic control algorithms, which in turn result in suboptimal utilization of the battery. This work investigates the possible use of set-based approaches for state estimation and the surveillance of the state of health of Li-Ion batteries.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Sommer, Steffen

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2013 - 31.12.2014

### **Auto-Tuning von Mehrgrößenreglern**

Innerhalb dieses Projektes werden Auto-Tuning-Methoden zum Entwurf von Mehrgrößenreglern für komplexe technische Systeme entwickelt. Der Vorteil solcher Strategien liegt darin, dass für den Reglerentwurf kein Prozessmodell benötigt wird. Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Reaktivdestillation.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Kunde, Christian

**Kooperationen:** Jun.-Prof. Dr. Dennis Michaels, TU Dortmund; Prof. Dr. Robert Weismantel, Institut für Operations Research, ETH Zürich

**Förderer:** DFG; 01.01.2010 - 31.12.2013

### **Globale Optimierung von integrierten flüssigen Mehrphasensystemen**

Das optimale Design integrierter flüssiger Mehrphasensysteme führt auf gemischt-ganzzahlige nichtlineare Optimierungsprobleme. In diesem Projekt sollen in Kooperation zwischen Ingenieuren und Mathematikern neue Verfahren zur globalen Optimierung solcher Probleme entwickelt werden. Dazu sind zunächst problemangepasste Unter- und Überschätzer für die betrachteten nichtlinearen Funktionsbausteine zu entwickeln. Zur globalen Lösung der resultierenden konvexen Relaxierungen sollen anschließend neue leistungsfähige Algorithmen entwickelt werden. Als Anwendungsbeispiele werden zunächst die hybriden Trennprozesse aus dem Teilprojekt B3 des SFB/TR 63 (Kreis/Rüther/Górák) betrachtet.

Die Leitung des Projektes erfolgt in Kooperation mit Prof. Dr. Robert Weismantel (ETHZ).

Dieses Projekt ist Teil des Sonderforschungsbereichs/Transregio 63 - Integrierte chemische Prozesse in flüssigen Mehrphasensystemen.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Kunde, Christian

**Kooperationen:** apl. Prof. Dr.-Ing. Michael Mangold, MPI Magdeburg

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2013 - 30.09.2015

### **Nichtlineare Analyse und Modellreduktion eines LDPE-Polymerisationsreaktors**

LDPE ("low-density polyethylene") wird häufig in langen rohrförmigen Reaktoren hergestellt. Die Reaktionswärme der stark exothermen Polymerisationsreaktion wird dabei über die Rohrwand an ein Kühlmedium abgegeben. Die gegenseitige Beeinflussung von Strömungsbedingungen und Reaktionsfortschritt und deren Auswirkungen auf den radialen Wärmetransport spielen daher eine wesentliche Rolle im Betrieb des Reaktors. In diesem Projekt wird ein 2D-Modell eines Polymerisationsreaktors erstellt, das nichtlineare Phänomene des radialen Wärmetransports abbildet. Aufgrund der hohen Dimension und des hohen Rechenaufwands ist das 2D-Modell nur begrenzt für die Modellanalyse geeignet. Mittels nichtlinearer Modellreduktion werden daher vereinfachte Modelle erzeugt, die für die Analyse der physikalischen Zusammenhänge im Reaktor bzw. zum Entwurf einer Steuerung oder Regelung des Reaktors geeignet sind.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. André Franz

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2009 - 31.12.2013

### **Nichtlineare Dynamik der Polyhydroxyalkanoat Synthese in Mikroorganismen**

Polyhydroxyalkanoate (PHA) sind mikrobielle Polymere, welche von vielen Bakterien als Reservestoffe gebildet werden können. Diese Bio-Polymere stellen eine wichtige Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen dar, da sie biologisch abbaubar und nicht von fossilen Ressourcen abhängig sind. Zudem sind PHAs biokompatibel, wodurch sie sich im besonderen Maße für die Verwendung in der Medizintechnik, z.B. für Implantate eignen. Mikroorganismen sind jedoch hochgradig regulierte Systeme, die schnell und effizient auf veränderte Umgebungsbedingungen reagieren, um dadurch ihr Überleben zu sichern. Diese zellinternen Regulationsmechanismen beeinflussen auch die PHA Synthese und steuern somit Menge und Eigenschaften des gebildeten PHA. Um die Ausbeute an gebildetem PHA zu maximieren und die für die jeweilige Anwendung benötigten Polymereigenschaften (e.g. Formbarkeit, Härte, Elastizität,...) zu erreichen, ist ein tieferes Verständnis der zellinternen Regulationsmechanismen von großer Bedeutung. Ziel dieses Projektes ist es

daher, mit Hilfe der Kombination von mathematischer Modellierung und biologischen Experimenten, die wesentlichen Regulationsmechanismen aufzuklären und mathematisch abzubilden. Dies soll dazu beitragen, die immernoch sehr hohen Produktionskosten von Bio-Polymeren zu senken und Methoden zu entwickeln, welche es erlauben, die gewünschten funktionalen und technischen Eigenschaften der Bio-Polymere direkt schon während der Fermentation einzustellen.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Robert Dürr

**Kooperationen:** Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Timo Frensing, OvGU Magdeburg & MPI Magdeburg; Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl, OvGU Magdeburg & MPI Magdeburg

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.07.2012 - 30.06.2015

**Numerische Methoden zur Simulation und Parameteridentifikation von höher-dimensionalen verteilt parametrischen Systemen in der Biotechnologie**

In vielen biotechnologischen Prozessen hat die Heterogenität innerhalb von Zellkulturen einen großen Einfluss auf die Produktmenge und -qualität. Anwendungsbeispiele lassen sich in der Grippe-Impfstoffproduktion und Biopolymerherstellung finden. Deren mathematische Beschreibung dient einem genaueren Verständnis sowie der Optimierung und Regelung der Produktionsprozesse. Eine Modellbildung ist mit Hilfe der populationsdynamischen Modellierung möglich, die auf multivariate partielle Differentialgleichungen führt. Für diese Systemklasse ist der Einsatz von Standard-Methoden zur numerischen Lösung und Parameterschätzung nicht effektiv. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit Methoden zu entwickeln, mit denen die hochdimensionalen Modelle simuliert und an experimentelle Daten angepasst werden können. In einem ersten Schritt wurde eine approximative Momentenmethode entwickelt, die eine effektive Berechnung wichtiger Eigenschaften der multivariaten heterogenen Systeme wie Mittelwert und Varianz ermöglicht.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing. Stefan Palis; Sommer, Steffen

**Kooperationen:** Dr. V. Tulski, Moscow Power Engineering Institute

**Förderer:** Haushalt; 01.07.2013 - 30.06.2015

**Optimierung von Energiesystemen**

Der Einsatz von Optimierungsmethoden in Energiesystemen ist von großer Bedeutung und sorgt für eine Erhöhung der Zuverlässigkeit, eine Kostenreduktion oder die Reduktion von Umweltverschmutzungen je nach Problemformulierung. Im Rahmen dieses Projektes werden verschiedene Optimierungsprobleme wie zum Beispiel Energiemanagement, Kraftwerksplanung, Topologieoptimierung, untersucht. Die meisten von ihnen sind gemischte ganzzahlige nichtlineare Optimierungsprobleme und daher auch von theoretischer Seite interessant.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Thomas Müller

**Förderer:** Bund; 01.01.2013 - 31.12.2014

**Populationsdynamische Modellierung und Optimierung der Virusreplikation bei der Impfstoffproduktion**

Als Teil des Verbundprojektes "CellSys - Cell Line Development by Systems Biology", welches sich zum Ziel gesetzt hat, mit Hilfe eines systembiologischen Ansatzes eine Hochleistungszelllinie für die Influenza-Impfstoffproduktion zu entwickeln, werden im vorliegenden Projekt Methoden der populationsdynamischen Modellierung angewendet, um den Einfluss zellulärer Faktoren auf die Virusreplikation in Bioreaktoren zu quantifizieren. Zu diesem Zweck werden geeignete Modellierungsstrategien entwickelt, mithilfe derer sich elementare biologische Prozesse auf Einzelzellebene in die populationsdynamische Formulierung einbetten lassen. Die Zustandsvariablen der Einzelzellbeschreibung werden dabei in Eigenschaftskordinaten des populationsdynamischen Modells transformiert, sodass in vielen Fällen eine Modellreduktion unerlässlich ist. In Abhängigkeit von der Modellkomplexität werden stochastische oder deterministische Ansätze verwendet. Desweiteren werden Ergebnisse durchflusszytometrischer Untersuchungen zu Modellvalidierung bzw. -invalidierung genutzt, sodass sich daraus neue biologische Modellhypothesen ableiten und neue Experimente planen lassen. Die validierten Modelle sollen schließlich genutzt werden, um Schlussfolgerungen für ein optimales biologisches Prozessdesign zu ziehen. Das Projekt wird im Rahmen des Moduls II "Transfer" der Initiative

e:Bio - Innovationswettbewerb Systembiologie" vom BMBF gefördert.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeiter:** Sommer, Steffen  
**Förderer:** Haushalt; 01.01.2013 - 31.12.2014

#### **Regelung von Energiesystemen**

Schwerpunkte dieses Projektes sind die Entwicklung neuer Regelungskonzepte für Microgrids und deren Optimierung. Microgrids sind lokale Energiesysteme, welche Energiegewinnung, -speicherung und Verbraucher beinhalten. Aufgrund der Integration erneuerbarer Energien gewinnen sie immer mehr an Bedeutung. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Verbesserung des Betriebs solcher Microgrid-Systeme um künftigen Herausforderungen gewachsen zu sein.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeiter:** Suvarov, Paul  
**Kooperationen:** Prof. Alain Vande Wouwer, University of Mons  
**Förderer:** Haushalt; 01.01.2012 - 31.12.2014

#### **Regelung von Simulated Moving Bed (SMB-)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. Meist werden diese SMB-Anlagen ungeregelt betrieben. Eine Änderung in der Konzentration des Ausgangsstoffgemisches führt somit zu einer Änderung der Reinheiten der Endprodukte. Um dieses Defizit zu beheben, soll eine praxistaugliche Regelstrategie entwickelt werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing. Stefan Palis  
**Förderer:** Haushalt; 01.07.2013 - 30.06.2015

#### **Regelung von Systemen mit verteilten Parametern**

Viele Systeme werden durch Zustandsvariablen beschrieben, die sich nicht nur entlang der Zeit sondern auch entlang einer Orts- oder anderen Koordinate bewegen. Diese Prozesse werden daher Systeme mit verteilten Parametern genannt. Die entsprechenden mathematischen Modelle sind typischerweise nichtlineare partielle Differentialgleichungen, die aus regelungstechnischer Sicht herausfordernd sind. Die Zielstellung dieses Projektes ist daher der systematische Reglerentwurf unter Verwendung von Konzepten der:

1. Robusten Regelungstheorie,
2. Generalisierten Stabilitätstheorie nach Lyapunov, d.h. der Stabilität im Sinne zweier Diskrepanzen

Typische Anwendungsbeispiele sind Energieübertragungsleitungen, Populationsbilanzen für Partikelprozesse, elastische Wellen und Rohrreaktoren.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Projektbearbeiter:** Dr.-Ing. Stefan Palis, Dipl.-Ing. Christian Dreyschultze  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg; Prof. Dr.-Ing. Stefan Heinrich, TU Hamburg-Harburg  
**Förderer:** DFG; 17.06.2013 - 16.06.2015

#### **Untersuchung des dynamischen Verhaltens der Sprühgranulation in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichtströmen**

Wirbelschichtströme 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.

---

**Projektleiter:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Steffen Waldherr

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Math. Henning Lindhorst

**Kooperationen:** Prof. Dr.rer.nat. habil. Alexander Bockmayr, Freie Universität Berlin, Arbeitsgruppe 'Mathematics in Life Sciences', Thema: Dynamische Optimierung in metabolisch-genetischen Netzwerken

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.03.2013 - 31.12.2015

#### **Optimierung von Stoffwechselnetzwerken**

Wir koppeln Modelle für Stoffwechselnetzwerke mit Daten zur Genexpression, um das Wachstum und den Energiehaushalt von Zellen zu beschreiben. Auf Basis dieser Modelle entwickeln wir dynamische Optimierungsverfahren, um die Zeitverläufe der Stoffwechselreaktionen und Zellwachstum abhängig von den Umgebungsbedingungen vorhersagen zu können. Diesem Ansatz liegt die Idee zugrunde, dass Zellen ihren Stoffwechsel wachstumsoptimal regulieren. Anwendungen dieses Ansatzes liegen vor allem in der Untersuchung der zellulären Adaptation an wechselnde Umgebungsbedingungen.

---

**Projektleiter:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Steffen Waldherr

**Kooperationen:** Prof. Peter Scheurich, Universität Stuttgart

**Förderer:** DFG; 06.01.2012 - 05.01.2016

#### **Rechnerbasierte Modellierung, Sensitivitätsanalyse und Parameterschätzung für heterogene Zellpopulationen**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung neuer rechnerbasierter Methoden zur Modellierung und Analyse von großen Populationen strukturell identischer Systeme mit heterogenen Parametern und Populationsdynamik. Solche Populationen treten in biologischen Systemen auf, beispielsweise im Gewebe höherer Organismen, oder in Kolonien von Mikroorganismen. In diesen Fällen sind Zellen desselben Zelltyps strukturell ähnlich, können aber beispielsweise wegen Unterschieden in Proteinmengen oder Genaktivitäten dennoch unterschiedliches Verhalten zeigen. In mathematischen Modellen können diese Unterschiede durch Variationen in den Parameterwerten für einzelne Zellen abgebildet werden. Das Projekt strebt eine Modellierungsstruktur an, bei der heterogene Populationen durch eine Zustandsdichtefunktion beschrieben werden, und bei der die Dynamik auf der Ebene des individuellen Systems zur Populationsebene hin extrapoliert wird. Die vorgeschlagene Struktur basiert auf etablierten Einzelzell-Modellierungsansätzen für zelluläre Systeme, und zielt auf Populationsmodelle ab, die durch eine Erweiterung bestehender Einzelzellmodelle konstruiert werden. Dieser Ansatz soll realisiert werden durch die Formulierung einer Zustandsdichtefunktion, welche die Population charakterisiert, und deren Dynamik durch eine partielle Differentialgleichung beschrieben ist, die aus intrazellulären Mechanismen und der Zellpopulationsdynamik, d.h. Zellteilung und Zelltod, hergeleitet wird. Die Betrachtung der Zellpopulationsebene ist beispielsweise erforderlich, um dynamische physiologische Prozesse in biologischem Gewebe oder metabolische Prozesse in einem Bioreaktor von der zellulären Ebene ausgehend zu verstehen. Zur Verwendung der vorgeschlagenen Modellklasse müssen auch geeignete Analysemethoden entwickelt werden, die rechentechnisch effizient verwendet werden können. Der Fokus des Projekts liegt dabei auf der Sensitivitätsanalyse, Parameterschätzung und Unsicherheitsanalyse für die hier entwickelte Klasse von Populationsmodellen. Eine Anwendung des vorgeschlagenen Modellierungsansatzes und der Analysemethoden soll im Bereich der Zellbiologie realisiert werden, und zwar für den Prozess des programmierten Zelltods aufgrund eines extrazellulären biochemischen Stimulus. In diesem System tritt Heterogenität in der Zellpopulation dadurch auf, dass ein Teil der Zellen einer Population bei einem gegebenen Stimulus stirbt, während der übrige Teil überlebt. Auf Basis existierender Einzelzellmodelle für diesen Prozess wird der hier entwickelte Ansatz eingesetzt, um in Zusammenarbeit mit dem Kooperationsprojekt von Prof. Scheurich die dieser Heterogenität zugrunde liegenden Mechanismen besser zu verstehen.

## **5. Veröffentlichungen**

### **Begutachtete Zeitschriftenaufsätze**

**Borchers, Steffen; Freund, Susann; Rath, Alexander; Streif, Stefan; Reichl, Udo; Findeisen, Rolf**

Identification of growth phases and influencing factors in cultivation of AGE1.HN cells using set-based methods

In: PLoS one. - Lawrence, Kan: PLoS, Bd. 8.2013, 8, insges. 11 S.;

[Imp.fact.: 3,730]

**Carius, Lisa; Carius, Anke B.; McIntosh, Matthew; Grammel, Hartmut**

Quorum sensing influences growth and photosynthetic membrane production in high-cell-density cultivations of *Rhodospirillum rubrum*

In: BMC microbiology. - London: BioMed Central, Bd. 13.2013, insges. 13 S.;

[Imp.fact.: 3,100]

**Carius, Lisa; Hädicke, Oliver; Grammel, Hartmut**

Stepwise reduction of the culture redox potential allows the analysis of microaerobic metabolism and photosynthetic membrane synthesis in *Rhodospirillum rubrum*

In: Biotechnology & bioengineering. - New York, NY [u.a.]: Wiley, Bd. 110.2013, 2, S. 573-585;

[Imp.fact.: 3,648]

**Diedrich, Christian; Hadlich, Thomas**

Geräteintegration in AT-Systeme

In: Atp-Edition. - München: DIV Dt. Industrieverl, Bd. 55.2013, 10, S. 46-55;

**Flockerzi, D.; Kaspereit, M.; Kienle, Achim**

Spectral properties of Bi-Langmuir isotherms

In: Chemical engineering science. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 104.2013, S. 957-959;

[Imp.fact.: 2,386]

**Frank, Timo; Eckert, Karin; Hadlich, Thomas; Fay, Alexander; Diedrich, Christian; Vogel-Heuser, Birgit**

Erweiterung des V-Modells® für den Entwurf von verteilten Automatisierungssystemen

In: Automatisierungstechnik. - Berlin: De Gruyter, Bd. 61.2013, 2, S. 79-91;

[Imp.fact.: 0,419]

**Harth, Kirsten; Kornek, Ulrike; Trittel, Torsten; Strachauer, Ulrike; Höme, Stephan; Will, Karl; Stannarius, Ralf**

Granular gases of rod-shaped grains in microgravity

In: Physical review letters. - College Park, Md: APS; Vol. 110.2013, 14, Art. 144102, insgesamt 5 S.;

[Imp.fact.: 7,370]

**Isensee, Joerg; Diskar, Mandy; Waldherr, Steffen; Buschow, René; Hasenauer, Jan; Prinz, Anke; Allgöwer, Frank; Herberg, Friedrich W.; Hucho, Tim**

Pain modulators regulate the dynamics of PKA-R11 phosphorylation in subgroups of sensory neurons

In: Journal of cell science. - Cambridge: Company of Biologists Limited, 2013;

[Imp.fact.: 5,877]

**Klein, R.; Chaturvedi, N. A.; Christensen, J.; Ahmed, J.; Findeisen, Rolf; Kojic, A.**

Electrochemical model based observer design for a lithium-ion battery

In: IEEE transactions on control systems technology. - New York, NY: IEEE, Bd. 21.2013, 2, S. 289-301;

[Imp.fact.: 2,000]

**Krause, Jan; Diedrich, Christian**

Analyse von reaktiven Verhaltensmodellen mit Constraintprogrammierung und Petrinetztechniken

In: Automatisierungstechnik. - Berlin: De Gruyter, Bd. 61.2013, 2, S. 114-121;

[Imp.fact.: 0,419]

**Müller, Thomas; Dürr, Robert; Isken, Britta; Schulze-Horsel, Josef; Reichl, Udo; Kienle, Achim**

Distributed modeling of human influenza a virus host cell interactions during vaccine production

In: Biotechnology & bioengineering. - New York, NY [u.a.]: Wiley, Bd. 110.2013, 8, S. 2252-2266;

[Imp.fact.: 3,648]



**Palis, Stefan; Kienle, Achim**

H loop shaping control for continuous fluidized bed spray granulation with internal product classification  
In: Industrial & engineering chemistry research. - Columbus, Ohio: American Chemical Society, Bd. 52.2013, 1, S. 408-420;  
[Imp.fact.: 2,206]

**Sokolov, Sergiy; Diedrich, Christian**

Stammdaten im Engineering  
In: Automatisierungstechnik. - Berlin: De Gruyter, Bd. 61.2013, 6, S. 427-435;  
[Imp.fact.: 0,419]

**Swernath, S.; Kaspereit, M.; Kienle, Achim**

Dynamics and control of coupled continuous chromatography and crystallization processes for the production of pure enantiomers  
In: Chemical engineering & technology. - Weinheim: Wiley-VCH Verl.-Ges, Bd. 36.2013, 8, S. 1417-1429;  
[Imp.fact.: 1,366]

**Nicht begutachtete Zeitschriftenaufsätze**

**Diedrich, Christian; Höme, Stephan**

Diagnose für Industrial Ethernet  
In: Industrial ethernet journal. - Marburg: Technik-Dokumentations-Verl., 2, S. 16-18, 2013;

**Buchbeiträge**

**Alvarado, Ignacio; Findeisen, Rolf; Kühl, Peter; Allgöwer, Frank; Limón, Daniel**

Iteratively improving moving horizon observers for repetitive processes  
In: Lamnabhi-Lagarrigu, Françoise.: Taming Heterogeneity and Complexity of Embedded Control. - [s.l.]: Wiley-ISTE, S. 39-54, 2013;

**Bargsten, Vinzenz; Zometa, Pablo; Findeisen, Rolf**

Modeling, parameter identification and model-based control of a lightweight robotic manipulator  
In: 2013 IEEE Multiconference on Systems and Control (CACSD/CCA/ISIC). - Hyderabad, S. 134-139  
Kongress: IEEE Multiconference on Systems and Control; (Hyderabad, India): 2013.08.28-30;

**Borchers, Steffen; Findeisen, Rolf**

Outlier detection for polynomial systems using semidefinite relaxations  
In: 9th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems 2013. - Elsevier, S. 761-766;  
Kongress: IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems; 9 (Toulouse, France): 2013.09.04-06;

**Engel, Christoph; Möbius, Rico; Diedrich, Christian**

Semantic model transformation for intermodal traffic data exchange  
In: 8th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2013. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 1034-1038;

**Faulwasser, Tim; Matschek, Janine; Zometa, Pablo; Findeisen, Rolf**

Predictive path-following control - concept and implementation for an industrial robot  
In: 2013 IEEE Multiconference on Systems and Control (CACSD/CCA/ISIC). - Hyderabad, S. 128-133  
Kongress: IEEE Multiconference on Systems and Control; (Hyderabad, India): 2013.08.28-30;

**Federov, Anatolii; Hübner, Christian; Diedrich, Christian; Levshov, Alexandr**

Untersuchung von Fehlerszenarien in elektrischen Verteilnetzen mit hohem Anteil dezentraler Einspeisung  
In: Effizienz, Präzision, Qualität. - Magdeburg: Univ., insges. 10 S., 2013  
Kongress: Magdeburger Maschinenbau-Tage; 11 (Magdeburg): 2013.09.25-26;

**Hadlich, Thomas; Sokolov, Sergiy; Diedrich, Christian**

Beurteilung der Komplexität von Engineering Modellen  
In: Automation 2013. - Düsseldorf: VDI-Verl. - (VDI-Berichte; 2209)

Kongress: Kongress "Automation 2013"; 14 (Baden-Baden): 2013.06.25-26;

**Harth, Kirsten; Trittel, Torsten; Kornek, U.; Höme, Stephan; Will, K.; Strachauer, U.; Stannarius, Ralf**

Microgravity experiments on a granular gas of elongated grains

In: Powders and grains 2013. - Melville, NY: American Inst. of Physics, S. 807-810 - (AIP conference proceedings; 1542);

Kongress: International Conference on Micromechanics of Granular Media; 7 (Sydney, Australia): 2013.07.08-12;

**Höme, Stephan; Diedrich, Christian; Damm, Matthias; Werner, Thomas**

Performancebenchmark für Steuerungen mit synchroner Kommunikation

In: Automation 2013. - Düsseldorf: VDI-Verl. - (VDI-Berichte; 2209)

Kongress: Kongress "Automation 2013"; 14 (Baden-Baden): 2013.06.25-26;

**Jäger, T.; Foehr, Matthias; Horn, S.; Mühlhause, M.; Seidel, H.; Lehmann, O.; Diedrich, Christian**

Systematische Absicherung des Mehrwerts von Engineeringwerkzeugen - Aktivitätsmuster und Werkzeugfunktionen zur Sicherstellung der Workflows

In: Automation 2013. - Düsseldorf: VDI-Verl., S. 371-376 - (VDI-Berichte; 2209)

Kongress: Kongress "Automation 2013"; 14 (Baden-Baden): 2013.06.25-26;

**Kögel, Markus; Findeisen, Rolf**

Distributed control of interconnected systems with lossy communication networks

In: 4th IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems. - Elsevier, S. 363-368, 2013;

Kongress: IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems; 4 (Koblenz): 2013.09.25-26;

**Kögel, Markus; Findeisen, Rolf**

On efficient predictive control of linear systems subject to quadratic constraints using condensed, structure-exploiting interior point methods

In: Proceedings of the 12th European Control Conference (ECC). - Zürich, S. 27-34, 2013

Kongress: ECC; 12 (Zürich): 2013.07.17-19;

**Kögel, Markus; Findeisen, Rolf**

Stability of NMPC with cyclic horizons

In: 9th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems 2013. - Elsevier, S. 809-814;

Kongress: IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems; 9 (Toulouse, France):: 2013.09.04-06;

**Liu, Zheng; Sokolov, Sergiy; Diedrich, Christian**

Flexible Fertigung (in the) cloud

In: Automation 2013. - Düsseldorf: VDI-Verl., S. 415 - (VDI-Berichte; 2209)

Kongress: Kongress "Automation 2013"; 14 (Baden-Baden): 2013.06.25-26;

**Palis, Frank; Tolochko, O.; Bazhutin, D.; Palis, Stefan**

Modellbildung eines Turmdrehkranes unter Berücksichtigung elastischer Strukturschwingungen in horizontaler Ebene

In: Effizienz, Präzision, Qualität. - Magdeburg: Univ., insges. 6 S., 2013

Kongress: Magdeburger Maschinenbau-Tage; 11 (Magdeburg): 2013.09.25-26;

**Palis, Stefan; Antonyuk, Sergiy; Dosta, Maksym; Heinrich, Stefan**

Identification of micro parameters for discrete element simulation of agglomerates

In: Powders and grains 2013. - Melville, NY: American Inst. of Physics, S. 871-874 - (AIP conference proceedings; 1542);

Kongress: International Conference on Micromechanics of Granular Media; 7 (Sydney, Australia): 2013.07.08-12;

**Palis, Stefan; Binev, D.; Lorenz, H.; Seidel-Morgenstern, Andreas; Kienle, Achim**

Population balance modeling of crystallization in a fluidized bed

In: BIWIC 2013. - Odense: Univ. of Southern Denmark, S. 252-259

Kongress: BIWIC; 20 (Odense, Denmark): 2013.09.18-20;

**Palis, Stefan; Bück, Andreas; Kienle, Achim**

Adaptice discrepancy based control of continuous fluidized bed spray granulation with internal classification  
In: 9th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems 2013. - Elsevier, S. 400-405;  
Kongress: IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems; 9 (Toulouse, France);: 2013.09.04-06;

**Rausch, Matthias; Streif, Stefan; Pankiewitz, Christian; Findeisen, Rolf**

Nonlinear observability and identifiability of single cells in battery packs  
In: 2013 IEEE Multiconference on Systems and Control (CACSD/CCA/ISIC). - Hyderabad, S. 401-406  
Kongress: IEEE Multiconference on Systems and Control; (Hyderabad, India): 2013.08.28-30;

**Schittler, Daniella; Allgöwer, Frank; Waldherr, Steffen**

Multistability equivalence between gene regulatory networks of different dimensionality  
In: Proceedings of the 12th European Control Conference (ECC). - Zürich, S. 3640-3645, 2013  
Kongress: ECC; 12 (Zürich): 2013.07.17-19;

**Scott, J. K.; Findeisen, Rolf; Braatz, Richard D.; Raimondo, D. M.**

Design of active inputs for set-based fault diagnosis  
In: American Control Conference (ACC), 2013. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 3561-3566;  
Kongress: ACC; (Washington, DC): 2013.06.17-19;

**Streif, Stefan; Matthias, Karl; Findeisen, Rolf**

Outlier analysis in set-based estimation for nonlinear systems using linear relaxations  
In: Proceedings of the 12th European Control Conference (ECC). - Zürich, S. 2921-2926, 2013  
Kongress: ECC; 12 (Zürich): 2013.07.17-19;

**Wisniewski, L.; Jasperneite, J.; Diedrich, Christian**

Effective and fast approach to schedule communication in PROFINET IRT networks  
In: IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 2013. - Piscataway, NJ: IEEE, insges. 6 S.;  
Kongress: ISIE; (Taipei, Taiwan): 2013.05.28-31;

**Herausgeberschaften**

**Gabbert, Ulrich; Grote, Karl-Heinz; Karpuschewski, Bernhard; Kasper, Roland; Lindemann, Andreas; Schmidt, Bertram; Ihlow, Günter**  
Effizienz, Präzision, Qualität - 11. Magdeburger Maschinenbau-Tage; 25. - 26. September 2013. - Magdeburg: Univ., 2013; 1 CD-ROM;  
12 cm, ISBN 9783940961907;  
Kongress: Magdeburger Maschinenbau-Tage; 11 (Magdeburg): 2013.09.25-26;

**Artikel in Kongressbänden**

**Bück, Andreas; Palis, Stefan; Tsotsas, Evangelos**

Model-based control of particle properties in fluidised bed spray granulation  
In: 6th International Granulation Workshop. - Sheffield, insges. 14 S., 2013  
Kongress: International Granulation Workshop; 6 (Sheffield, UK): 2013.06;

**Dürr, Robert; Kienle, Achim**

An efficient method for calculating the moments of multidimensional growth processes  
In: 5th International Conference on Population Balance Modelling. - Banaglore: Indian Institute of Science, insges. 4 S., 2013  
Kongress: PBM 2013; 5 (Bangalore, India): 2013.09.11-13;

**Krasnyk, Michael; Kunde, Christian; Mangold, Michael**

Simulation of stagnant layer formation in a 2D+1D population balance model of a LDPE reactor  
In: 5th International Conference on Population Balance Modelling. - Banaglore: Indian Institute of Science, insges. 4 S., 2013  
Kongress: PBM 2013; 5 (Bangalore, India): 2013.09.11-13;

**Kunde, Christian; Müller, C.; Kienle, Achim**

Deterministic global optimization of multistage melt crystallization processes

In: 2st European Congress of Applied Biotechnology and 9th European Congress of Chemical Engineering, The Hague, The Netherland, April, 21 -25, 2013

Kongress: ECCE; 9 (Den Haag, The Netherland): 2013.04.21-25;

**Palis, Stefan; Kienle, Achim**

Online parameter identification for continuous fluidized bed spray granulation

In: 5th International Conference on Population Balance Modelling. - Banaglore: Indian Institute of Science, insges. 7 S., 2013

Kongress: PBM 2013; 5 (Bangalore, India): 2013.09.11-13;

**Palis, Stefan; Kopp, Oliver; Höme, Stephan; Palis, Daria**

Development of control strategies for low voltage networks with high penetration level of distributed generation

In: Powertech Grenoble 2013. - IEEE, insges. 7 S.

Kongress: PES IEEE Powertech Grenoble; (Grenoble, France): 2013.06.16-20;

**Riedl, Matthias; Zipper, Holger; Meier, Marco; Diedrich, Christian**

Automation meets CPS

In: 11th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, IMS 2013. - S o Paulo, S. 273-278

Kongress: IMS; 11 (S o Paulo, Brazil): 2013.05.22-24;

**Suvarov, Paul; Wouwer, Alain Vande; Kienle, Achim**

A plug and control strategy for simulated moving bed processes - stability analysis

In: 32st Benelux Meeting on Systems and Control. - UMONS, S. 252, 2013

Kongress: Benelux Meeting on Systems and Control; 32 (Houffalize, Belgium): 2013.03.26-28;

**Abstracts**

**Zometa, Pablo; Kögel, Markus; Findeisen, Rolf**

muAO-MPC - a free code generation tool for embedded real-time linear model predictive control

In: 2013 American Control Conference. - Washington;

**Dissertationen**

**Böck, Ronald; Wendemuth, Andreas [Gutachter]; Diedrich, Christian [Gutachter]**

Multimodal automatic user disposition recognition in human-machine interaction. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; XVII, 206 S.: graph. Darst.;

**Borchers, Steffen; Findeisen, Rolf [Gutachter]**

Set-membership estimation, analysis, and experimental design for biological systems. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; Aachen: Shaker; VIII, 133 S.: graph. Darst.; 21 cm, 219 g - (Contributions in systems theory and automatic control; 4), ISBN 978-384-40214-3-1;

**Ertlmeier, Rudolf; Jumar, Ulrich [Gutachter]; Michaelis, Bernd [Gutachter]**

Modellbasierte und fahrdynamikunterstützte Überschlagererkennung. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; XVII, 158 S.: Ill., graph. Darst.;

**Mühlfeld, Florian; Michaelis, Bernd [Gutachter]; Jumar, Ulrich [Gutachter]**

Fahrstiladaptive Auslegung integraler Sicherheitssysteme am Beispiel des reversiblen Gurtstraffers. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; XVI, 132 S.: graph. Darst.;

**Schimschar, André; Diedrich, Christian [Gutachter]**

Modellierung des Zeit- und Fehlerverhaltens industrieller Funklösungen zur Bewertung der Koexistenz. - Magdeburg, Univ., Fak. für

Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; XIV, 160 S., S. I-XXXIV: graph. Darst.;

**Swernath, Subramanian; Kienle, Achim [Gutachter]**

Design and control of combined chemical processes for the production of pure enantiomers. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; XVII, 98 Bl.: graph. Darst.;

**You, Wonsang; Seiffert, Udo [Gutachter]; Findeisen, Rolf [Gutachter]**

Long memory model of resting state functional MRI. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2013; XVI, 161 S.: graph. Darst.;