

# 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:** Prof. Christian Diedrich

**Kooperationen:** ifak e.V. Magdeburg - An-Institut für Automation und Kommunikation; Kuka Systems GmbH

**Förderer:** Bund; 01.03.2008 - 28.02.2011

### **AVILUS - Angewandte Virtuelle Technologien im Produkt- und Produktionsmittelzyklus**

Als Beitrag zur Hightech-Strategie der Bundesregierung unterstützt der Industriekreis Augmented Reality mit seinem Positionspapier "Virtuelle Technologien und reale Produkte" die Weiterentwicklung virtueller Technologien. Diese Initiative fand Eingang in die Definition eines von vier Technologieverbänden im Rahmen von IKT2020, in dem das Projekt AVILUS einen signifikanten Beitrag leistet. Das Projekt wird am ifak e.V. Magdeburg bearbeitet. Im Rahmen der engen Kooperation zwischen dem Lehrstuhl "Integrierte Automation" und dem ifak wird vor allem ein mechatronische Modell sowie die anwendungsbezogenen Themen der virtuellen Inbetriebnahme und der Austaktung von Fertigungszellen bearbeitet. Das Projekt AVILUS wird durch Mitarbeiter des Lehrstuhl unterstützt.

---

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

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Matthias Mühlhause

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.05.2009 - 30.04.2011

**ALIFE - Automatisierung im Lebenszyklus**

Produkt- und Produktions-Lifecycle-Prozesse treten immer mehr in den Fokus der Hersteller. Dabei gilt es die gesamten Daten der Produkte, Produktionseinrichtungen und den mit der Herstellung verbundenen Prozessen so verfügbar zu machen, dass jede Komponente und jeder technisch und organisatorische Prozess, wie z.B. Qualitätsmanagement und Instandhaltungsmanagement über den gesamten Lebenszyklus nachvollziehbar ist. Dies erfordert Informationen über den aktuellen Status des Produktionsprozesses in engem Zusammenhang mit strukturellen und beschreibenden Details der Maschinen, Anlagen und Automatisierungsmitteln. Ziel des beantragten Vorhabens ist die Schaffung einer auf wissensbasierten Methoden konfigurierbaren Interface-Komponente, die für die unterschiedlichen produktionstechnischen und betriebstechnischen Aufgabenstellungen sowohl online-Daten aus dem Produktionsprozess als auch Informationen über Maschinen und Anlagen aus Planung und Dokumentation akquirieren kann. Diese Interfacekomponente wird im Rahmen dieses Forschungsvorhabens als regelbasierter Automation Mapper bezeichnet.

---

**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 (Altersgerechte und sichere Mobilität in der Fläche) 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:** Dipl.-Ing. Thomas Hadlich

**Förderer:** DFG; 01.10.2010 - 30.10.2012

**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 solch 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

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.09.2009 - 31.08.2011

**MERITUM - Merkmaleleisten in PLT-Beschaffungsprozessen für Unternehmen im Mittelstand**

In vielen Bereichen der Automatisierungstechnik gewinnt der effiziente Informationsfluss zwischen verschiedenen Lebenszyklusphasen, Werkzeugen und den agierenden Ingenieuren immer größere Bedeutung. Dabei besteht der Trend, Routinearbeiten des Engineerings durch automatisierte oder teilautomatisierte technische Abläufe abzulösen. Die hohen Innovationsraten und die steigende Komplexität der Geräte erschweren aber genau das dafür benötigte Verständnis der beteiligten Akteure, um einen verlustarmen Informationsfluss umzusetzen. Für Gerätehersteller bedeutet das eine ständige Aktualisierung seiner Produktdaten an die Anfrageformate seiner Kunden.

Forschungsziel ist es, methodische Unterstützung zu entwickeln und zu erproben, sowie eine semantische Plattform mit Software-Wizards zu konzipieren, zu entwerfen und prototypisch umzusetzen, die Entscheidungsunterstützung für Ingenieure bei der Auswahl, Übernahme und Weiterleitung von Informationen im automatisierungstechnischen Planungsumfeld ermöglichen. Der innovative Gehalt dieses Forschungsziels ergibt sich aus der angestrebten Brücke zwischen den strukturellen Produktmodellen und den Wissensmodellen semantischer Netze.

---

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

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.01.2010 - 31.10.2011

**PASS - Planungsassistenzsystem**

In vielen Bereichen der Automatisierungstechnik gewinnt der effiziente Informationsfluss zwischen verschiedenen Lebenszyklusphasen, Werkzeugen und den agierenden Ingenieuren immer größere Bedeutung. Insbesondere die stark arbeitsteiligen und iterativen Prozessschritte zwischen einzelnen Gewerken oder beteiligten Projektpartnern bergen hier eine hohe Komplexität zu Fragen der Vollständigkeit und Konsistenz verteilter Informationsquellen, die für einen Arbeitsschritt benötigt werden.

Forschungsziel des Projektes ist es, eine neuartige methodische Unterstützung bei der Detektion, Analyse und Bewertung bereits vorhandener Planungsinformationen für einen Arbeitsschritt zu entwickeln und zu erproben, die Planungsbüros eine Assistenz hinsichtlich der semantischen Zuordnung von Informationen zur Wiederverwendung für andere Arbeitsschritte und eine qualitative Folgenabschätzung bei der Weiterführung von Arbeiten bei einem gegebenen und unvollständigen Planungsstand zur Verfügung stellt. Der innovative Gehalt des Forschungsziels ergibt sich aus der Brücke von semantischer Zuordnung von Planungsinformationen zu Arbeitsschritten sowie der Assistenz zur Datenbestandsanalyse und Risikobewertung.

---

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

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Stephan Magnus

**Kooperationen:** Berner & Mattner Systemtechnik GmbH; Continental Automotive GmbH; Hochschule für angewandte Wissenschaften FH Ingolstadt; IPG Automotive GmbH

**Förderer:** BMWi/AIF; 01.04.2010 - 31.10.2011

**VISAPS**

Die Anforderungen an Fahrzeugsicherheitssysteme aus wettbewerbs- und verkehrspolitischen Gründen steigen stetig. Aus Effizienz- und Kostengründen besteht jedoch die Notwendigkeit, neue Sicherheitsfunktionen durch Vernetzung einzelner Systeme zu entwickeln. Im Rahmen des Teilprojekts sollen bereits bestehende Funktionen (Aktive und Advanced Crash Detection) überprüft und ggf. optimiert sowie neue Funktionen, v. a. zur Unfallvermeidung (Crash Avoidance), entwickelt werden. Basis für die Funktionserweiterung bilden neuartige Entwicklungsprozesse, bei welchem die neuen Funktionsanforderungen an das Airbagsteuergerät Software Design, die Softwareimplementierung sowie die Steuergeräteeinzel- und Integrationstests zu definieren sind.

Aktuell wird die Vernetzung innerhalb des Fahrzeugs standardmäßig über CAN gewährleistet. Gerade im Hinblick auf die Verarbeitung größerer Datenmengen sowie der verbesserten Übertragungssicherheit, ist eine Verwendung von z. B. FlexRay denkbar, was ebenfalls im vorliegenden Teilprojekt erprobt wird.

---

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

**Förderer:** Industrie; 01.10.2009 - 31.05.2010

**Semi-formale Werkzeugunterstützung für die Profilentwicklung von Automatisierungsgeräten**

Profile für Automatisierungsgeräte an industriellen Kommunikationssystemen sind funktionale Festlegungen, die sich auf die Anwendungsfunktionen, deren Variablen und Parameter sowie deren dynamischen und statischen Eigenschaften beziehen. Hersteller vereinbaren, dass die Geräte sich entsprechend der Profilverfestlegungen verhalten. Damit sind der Profilentwicklungsprozess und der der Geräte- und Subsysteme eng miteinander verwoben.

Die Profilqualität bezogen auf die Korrektheit und die Dokumentation der Festlegungen bestimmt den Aufwand bei der Umsetzung der Profile bei den Geräteherstellern und auch die Akzeptanz bei den Anwendern. Deshalb soll basierend auf der internationalen Festlegungen nach IEC 62390 und den daraus abgeleiteten Profil-Guideline für PROFIBUS und PROFINET den Profilentwicklern Werkzeugunterstützung basierend auf UML an die Hand gegeben werden. Dadurch werden sie besser in die Lage versetzt, den Profilentwicklungsprozess systematisch abzuarbeiten und ein hohes Maß an Unterstützung dabei zu erfahren. Simulation der Spezifikationen und Testfolgenableitungen sind zusätzliche Aktivitäten, die auf der UML-Spezifikation aufsetzen können.

---

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

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

**Förderer:** Industrie; 01.06.2008 - 30.05.2011

**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:** Dr. Ronald Bronsaer, Dr. Alexander Götz, Dr. Sandrine Sanchez, CellMade SAS, Archamps, France; Prof. Dr. Heike Mertsching, Dipl. Ing. Jan Hansmann, Dep. Tissue Engineering, Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering, Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart; Prof. Joachim Spatz, Dr. Ralf Kemkemer, Dr. Frauke Gräter, Department of New Materials and Biosystems, Max-Planck-Institute for Metals Research, Stuttgart; Prof. Klaus Pfizenmaier, Dr. Angelika Hausser, Dr. Oliver Schlicker Institute of Cell Biology and Immunology and Central Microscopy Facility, Center Systems Biology (CSB), Universität Stuttgart

**Förderer:** Bund; 01.07.2009 - 30.06.2012

**Systems Biology for tissue engineering of mesenchymal stem cells: Integrating novel experimental methods and mathematical models. Subproject**

The project addresses the development and integration of new experimental and theoretical tools to elucidate and consequently predict quantitatively mechanisms of adult stem cell differentiation subject to mechanical, biochemical and physical stimuli of the matrix. The ultimate aim is to apply the generated knowledge and established tools for tissue engineering of human mesenchymal stem cells (MSC) as a source for cartilage and bone replacement in regenerative medicine.

The project will combine High Throughput Screen (HTS) quantitative experimental methods, advanced material science technologies and high end tissue engineering with systems theory, mathematical modelling, continuum biomechanics and molecular simulation. The mathematical models of the signal pathways and the advanced continuum models that render the anisotropic mechanical force distributions impacting on the differentiating cells during tissue formation will provide a basis to guide and complement the experimental strategies. For this purpose new experimental methods will be developed for delivering the large data sets which will correlate defined extracellular biochemical and mechanical signals presented to MSC with responses of MSC in a quantitative manner. Therefore, a particular focus will be on the design of an extracellular environment which mimics the physiological context of stem cell renewal and differentiation systematically on the basis of cell biochips. The Biochips will be combined with optical microscopy for automated High-Throughput-Screens (HTS) of cell responses to systematically variation in presentation of biochemical and mechanical signals to cells. The obtained data sets will be the bases for identifying and finally predicting cell signalling

pathways for MSC differentiation with the help of systems theory. Altogether, with the techniques developed, methods to determine optimum conditions for MSC proliferation and differentiation, respectively, should become available. In a more general perspective, the HTS quantitative experimental tools and mathematical models established will be of broad applicability for basic cell biology research and systems biology approaches on questions relating to, but not only, cell adhesion and differentiation. Moreover, as a further innovation, the project will provide both experimental and mathematical tools to assess the impact of mechanical forces on cell differentiation and their integration into models describing conventional, i.e. ligand induced signaling cascades. In this regard, systems biology acts as a key player in bridging the gap between the subcellular scale and the continuum approaches on cell/tissue level. As a long term goal, we plan to exploit the results for large scale osteogenic and chondrogenic precursor cell production suited for clinical application.

---

**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:** DFG; 01.12.2007 - 01.11.2012

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

Ziel des vorliegenden interdisziplinären Kooperationsprojekts ist die Entwicklung innovativer asynchroner prädiktiver 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 prädiktiver 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.

Das Projekt ist Teil des DFG-Schwerpunktprogramm 1305 "Regelungstheorie digital vernetzter dynamischer Systeme".

---

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

**Kooperationen:** Prof. Dr. Achim Kienle

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt/ohne Gutachtersystem); 01.05.2008 - 29.04.2011

**Entwicklung optimierungsbasierter Regelungsverfahren für eigenschaftsverteilte Systeme**

Viele technische und biologische Prozesse weisen eigenschaftsverteilte Strukturen auf. Beispiele hierfür sind Granulationsprozesse (Partikelgrößenverteilung), Kristallisationsprozesse (Kristallgrößenverteilung) oder biologische Prozesse wie die Virusreplikation (Altersverteilung der Zellen). Die Regelung solcher Prozesse zur Erzielung geeigneter Eigenschaftsverteilungen ist eine schwierige Problemstellung aufgrund der auftretenden Prozesskomplexität. Im Rahmen dieses Projekts sollen neue, optimierungsbasierte Regelungs- und Beobachtungsverfahren für eigenschaftsverteilte Systeme entwickelt und experimentell erprobt werden. Ein Schwerpunkt liegt hierbei auf der Garantie systemtheoretischer Eigenschaften wie Stabilität und Robustheit.

---

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

**Förderer:** Haushalt; 01.12.2007 - 01.12.2011

**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.

---

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

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt/ohne Gutachtersystem); 01.12.2008 - 30.11.2011

**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:** Bayer Technology Services GmbH, BTS, Leverkusen; Celonic GmbH, Jülich; Prof. Dr. Bernd J. Pichler, Universität Stuttgart; Prof. Dr. Klaus Pfizenmaier, Universität Stuttgart; Prof. Dr. med. Matthias Schwab, Dr. Margarete Fischer-Bosch-Institut für Klinische Pharmakologie; Prof. Dr. Peter Scheurich, Universität Stuttgart; Prof. Dr. Rainer Helmig, Universität Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Matthias Reuss, Universität Stuttgart

**Förderer:** Bund; 01.07.2008 - 30.06.2011

**Ein Systembiologischer Ansatz zur prädiktive Krebstherapie: Entwicklung systemtheoretischer Methoden zur Unterstützung der Modellierung und Modellanalyse intrazellulärer und physiologischer Vorgänge**

Immuntherapeutische Ansätze mit rekombinanten Proteinwirkstoffen gelten als sehr aussichtsreiche Strategien zur wirksamen Bekämpfung von zur Zeit nicht oder nur ungenügend behandelbaren Erkrankungen. Proteintherapeutika haben dementsprechend einen exponentiell wachsenden Markt mit jährlichen Milliardenumsätzen allein der wenigen zugelassenen Medikamente. Dutzende von neuen Proteinwirkstoffen befinden sich z.Z. in der prä-/ klinischen Erprobung, wobei Voraussagen über grundsätzliche Wirksamkeit und optimale Behandlungsverfahren nicht gemacht werden können. Es ist das langfristige Ziel dieses Verbundprojektes, mit einem prädiktiven mathematischen Modell diesen Engpass zu beheben und dazu beizutragen, die klinische Erprobung neuer, potentiell tumorselektiver Proteintherapeutika zu verbessern und zu beschleunigen.

Im Rahmen dieses Projekts sollen neue Modellierungs- und Analysemethoden für Vorgänge auf der zellulären und physiologischen Ebene entwickelt und angewendet werden.

Methodisch stehen hierbei Fragestellungen der (optimalen) Bestimmung von Modellparametern, der Validierung von Modellhypothesen, der Untersuchung des Einflusses von Unsicherheiten und Parameterveränderungen im Vordergrund. Aufgrund der Komplexität der betrachteten Vorgänge ist es notwendig, Methoden zu entwickeln, die die auftretenden inhärenten Struktureigenschaften auf den einzelnen Modellierungsebenen explizit zu berücksichtigen und auszunutzen. Neben der Methodenentwicklung werden Modellierungsaufgaben auf der physiologischen und intrazellulären Ebene verfolgt. Hierbei werden die neu entwickelten Methoden und Verfahren eingesetzt und erprobt.

Das Projekt ist Teil der BMBF-Förderinitiative "Partner der Forschungseinheiten Systembiologie FORSYS Partner"

---

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

**Kooperationen:** Prof. Robert Weismantel

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt/ohne Gutachtersystem); 01.06.2008 - 30.12.2010

**Entwicklung quantitativer Verfahren zur Analyse, Parameteridentifikation und Modellbewertung komplexer nichtlinearer Systeme mittels diskreter Approximationen**

Im Rahmen des vorgeschlagenen Projektes sollen neue Verfahren zur strukturellen Analyse, Modellbewertung und Parameteridentifikation nichtlinearer dynamischer Systeme entwickelt und angewandt werden. Ausgangspunkt bildet eine vollständige Diskretisierung der Systeme, welche zu einer Beschreibung des Systemverhaltens durch diskrete

Graphen führt. Eine wichtige Besonderheit besteht darin, dass die betrachteten Graphen den vollständigen Lösungsbereich für variable Parameterregionen, anstatt isolierter Parametrisierung, angeben. Auf der Grundlage dieser Approximation sollen aus systemtheoretischer Perspektive zunächst neue Ansätze entwickelt werden, die es erlauben, verschiedene Modellhypothesen zu diskriminieren und die Identifizierbarkeit des Systems zu analysieren. In einem weiteren Schritt sollen dann, auf den Strukturanalysemethoden aufbauend, Verfahren für das Parameterschätzproblem ausgearbeitet werden. Die entwickelten Verfahren sollen anhand relevanter Beispielsysteme aus den Bereichen der Systembiologie (globale Regulation des Kohlenhydrataufnahmesystem in E. Coli, NF- $\kappa$ B Signaltransduktion), der chemischen Verfahrens- und Reaktortechnik (Oxidation von Ethan, Führung von verfahrenstechnischen Reaktoren), sowie der Biomedizin (kraftinduziertes Knochenwachstum) validiert und verbessert werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart  
**Förderer:** Sonstige; 01.06.2008 - 31.12.2011

#### **Modellierung und Analyse des kraftinduzierten Knochenwachstums**

Die Erkennung und Behandlung von Erkrankungen, die zu einer Schwächung des menschlichen Skeletts führen, gewinnen durch ihre große Häufigkeit gerade im Alter zunehmend an Bedeutung. Beispielhaft für solche Erkrankungen sei die Osteoporose genannt.

Entgegen der landläufigen Meinung ist das menschliche Skelett kein starres Gebilde, das sich nach dem kindlichen Wachstum nicht mehr verändert. Vielmehr ist es ein hoch dynamisches, sich in Struktur und Form lebenslang erneuerndes, umbauendes und veränderndes Gewebe. Neben hormonellen und metabolischen Einflüssen spielen hierbei mechanische Reize eine erhebliche Rolle. Erkenntnisse der letzten Jahrzehnte legen nahe, dass die Anpassung der Festigkeit von Knochen in erheblichem Maße von den auf sie wirkenden externen Kräften, insbesondere den auftretenden Muskelkräften, abhängen. So werden nach der sogenannten Mechanostat-Theorie Knochenstruktur, Knochengeometrie und Festigkeit so angepasst, bis die lokalen Belastungen im physiologischen Bereich liegen. Dieser Vorgang kann als biologischer Regelprozess betrachtet werden, bei dem vereinfacht bei einer zu hohen Belastung ein Knochenaufbau erfolgt, wohingegen bei zu geringer Belastung ein Knochenabbau stattfindet. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden mathematische Modelle für das Knochenwachstum erstellt, welches neben hormonellen und metabolischen Einflüssen das Knochenwachstum durch mechanische Belastungen wiedergeben. Das Modell berücksichtigt die Interaktion der knochenbauenden Zellen, den sogenannten Osteoblasten, mit den knochenabbauenden Zellen, den sogenannten Osteoklasten.

Im Verlauf der letzten Jahre hat sich gezeigt, dass die Erstellung und Analyse geeigneter dynamischer Modelle erheblich zum Verständnis des Knochenwachstums und von hiermit in Verbindung zu bringenden Erkrankungen, wie der Osteoporose, beiträgt. Ein geeignetes Modell eröffnet zum Beispiel die Möglichkeit nachzuweisen, dass das Muskelsystem und die körperliche Aktivität einen weitaus größeren Einfluss auf das Skelettsystem haben, als die Aufnahme von Calcium über einem bestimmten Schwellwert. Ein dynamisches Modell erlaubt es auch, neue Therapieverfahren für den Knochenaufbau herzuleiten.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen  
**Kooperationen:** Prof. Dr. Dr. h.c Hans Georg Bock, Universität Heidelberg; Prof. Dr. Moritz Diehl, K.U. Leuven; Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell, Universität Dortmund; Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt, RWTH Aachen  
**Förderer:** DFG; 01.07.2007 - 30.12.2010

#### **Optimierungsbasierte Regelung verfahrenstechnischer Prozesse: Effiziente Ausgangsregelung nichtlinearer verfahrenstechnischer Prozesse mit Hilfe prädiktiver Regelungsverfahren**

Im Lauf der letzten Jahrzehnte hat sich die lineare prädiktive Regelung, vor allem in der Prozessindustrie, als eines der Standardregelungsverfahren etabliert. Gründe für diesen Erfolg sind insbesondere die Möglichkeit Beschränkungen von Stellgrößen, Ausgangs- und Zustandsgrößen direkt zu berücksichtigen, sowie eine zu optimierende Gütefunktion vorgeben zu können. Ständig steigende Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und Produktivität der zu regelnden Prozesse erfordern es, diese über immer größere Arbeitsbereiche zu betreiben, in denen ein lineares Modell die Prozessdynamik meist nur unbefriedigend wiedergeben kann, was häufig zu einer schlechten Regelgüte linearer (prädiktiver) Regelungsverfahren führt. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren erhebliche



Anstrengungen unternommen, praktisch einsetzbare prädiktive Regelungsverfahren zu entwickeln, die eine direkte Verwendung von nichtlinearen Prozessmodellen erlauben. Dies hat in den letzten 10 Jahren zu erheblichen Fortschritten auf dem Gebiet der nichtlinearen prädiktiven Regelung geführt, und derartige Regelungsverfahren werden bereits in Pilotprojekten industriell eingesetzt. Jedoch kann im Gegensatz zur linearen prädiktiven Regelung noch lange nicht die Rede von einem Standardwerkzeug sein. Es gibt eine Reihe von Fragestellungen und Problemen, die betrachtet und gelöst werden müssen, bevor die nichtlineare prädiktive Regelung einen ähnlich weitreichenden Einsatz in der Industrie findet wie die lineare prädiktive Regelung.

Im Rahmen des interdisziplinären Projektes werden die existierenden Probleme für den praktischen Einsatz prädiktiver Regelungsverfahren angegangen und neue Lösungen entwickelt. Hierbei werden neue systemtheoretische Methoden erarbeitet (Gruppe Allgöwer/Findeisen) und neue numerische Lösungsverfahren für die speziellen Problemstellungen entwickelt (Gruppe Diehl/Bock). Die Methodenentwicklung wird durch zwei anspruchsvollen Praxisbeispiele getrieben, einem chromatographischen

Trennprozess (VARICOL) (Gruppe Engell) und einer biologischen Kläranlage mit getauchtem Membransystem (Gruppe Marquardt), die in dem laufenden Projekt erstmals einer optimierungsbasierten Regelung zugänglich gemacht werden.

---

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

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

**Förderer:** Haushalt; 01.12.2007 - 01.12.2011

#### **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 net 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; 01.12.2007 - 01.12.2010

#### **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

**Kooperationen:** INB Vision AG, Magdeburg; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Technische Informatik, Prof. Michaelis; PSFU GmbH, Wernigerode

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2009 - 30.06.2011

#### **Robotergestützte optische Prüftechnik**

Die Zielstellung des Verbundvorhabens ist die Forschung und Entwicklung eines technisch herausragenden Messverfahrens zur online-Inspektion komplex strukturierter Prüfteile in getakteten und kontinuierlichen Fertigungsprozessen und dessen Kopplung mit modernsten robotergestützten Handling-Technologien basierend auf spezifischen CAD-Daten der Prüfteilegeometrien. Der angestrebte Lösungsansatz besteht in der Entwicklung eines für messtechnische Bewegungen optimierten optischen Messverfahrens und dessen flexiblen Kopplung mit modernsten robotergestützten Handling-Technologien. Dabei sind z. B. die Stop-and-Go-Problematiken bestehender 3D-Messverfahren zu überwinden und im zeitlichen Verlauf der Messung die Scantrajektorien geeignet in eine hoch aufgelöste robuste Auswertung zu integrieren.

Die Zielsetzung ist, letztlich eine robotergestützte Prüftechnik für online-Inspektionen zu entwickeln, die komplexe Prüfteile in typischen Taktzeiten der Automobil- und Zulieferindustrie bezüglich Normabweichungen und Fehler vollständig analysiert und dennoch einfach zu bedienen ist.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Kooperationen:** J. Böhm, Rothenseer Generatorenfertigung GmbH, Magdeburg  
**Förderer:** Haushalt; 01.01.2007 - 31.12.2011

#### **Energie-Management in der Produktion**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Strategien zur Energiekostenminimierung in Produktionsbetrieben. Viele Produktionsprozesse besitzen eine große Anzahl von Haupt- und Nebenverbrauchern. Diese sollen so zu beziehungsweise abgeschaltet werden, dass sich minimale Energiekosten ergeben. Zusätzlich müssen Nebenbedingungen bezüglich des Produktionsablaufes, der Temperatur, der Lüftung, der Beleuchtung, etc. eingehalten werden. Zur Lösung dieser Aufgabenstellung werden mathematische Modelle der betrachteten Produktionsprozesse erstellt und mit Hilfe von Methoden der gemischt-ganzzahligen Optimierung kostenoptimale Produktionsabläufe berechnet. Schwerpunkte zur Lösung der Problemstellung sind die mathematische Modellierung und Optimierung des vollständigen Produktionsprozesses sowie die reale Umsetzung des gewonnenen Energie-Management-Systems.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**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 C3 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  
**Kooperationen:** IPF Beteiligungsgesellschaft Reilingen; MTU CFC Solutions München; Prof. Sundmacher, MPI Magdeburg; VW Isenbüttel  
**Förderer:** Haushalt; 01.01.2007 - 31.12.2011

#### **Modellierung und Regelung von Brennstoffzellensystemen**

Ausgangspunkt der Untersuchungen sind rigorose mathematische Modelle von Brennstoffzellensystemen auf der Basis der physikalischen Grundgesetze. Diese sind jedoch häufig zu komplex für die modellgestützte Prozessführung. Weitere Forschungsaktivitäten betreffen deshalb die Entwicklung reduzierter dynamischer Modelle, sowie die Entwicklung moderner Methoden für die modellgestützte Prozessüberwachung, -steuerung und -regelung. Als Anwendungsbeispiele werden Hochtemperaturbrennstoffzellen für die stationäre Energieerzeugung sowie PEM Brennstoffzellen für stationäre und mobile Anwendungen betrachtet.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Kooperationen:** IIT Madras (Indien), Prof. Pushpavanam; Prof. Gilles, Dr. Kremmling, Dr. Grammel, MPI Magdeburg; Purdue University/USA, Prof. Ramkrishna  
**Förderer:** Bund; 01.05.2007 - 31.12.2011

#### **Nichtlineare Dynamik zellulärer Systeme**

Eine charakteristische Eigenschaft zellulärer Systeme besteht in ihrer Fähigkeit durch interne Regulationsmechanismen auf veränderte Umgebungsbedingungen zu reagieren und dadurch ihr Überleben zu sichern. Während einzelne Regulationsmechanismen heute gut verstanden sind, fehlt noch ein grundlegendes Verständnis der Regulationsvorgänge im Gesamtzusammenhang. Zentrale Zielsetzung des geplanten Projektes ist ein verbessertes Verständnis des komplexen Verhaltens zellulärer Systeme. Dazu sollen die theoretischen Konzepte aus der nichtlinearen Dynamik - insbesondere der Bifurkations- und Stabilitätstheorie - eingesetzt werden. Als biologisches Modellsystem

wird u.a. E. coli betrachtet. Experimentelle Beobachtungen zeigen, dass infolge der o.g. Regulationsmechanismen sowohl mehrfache stationäre Zustände als auch nichtlineare Oszillationen auftreten können. Die Ursachen dieser Phänomene sind heute nur unzureichend verstanden und sollen im Rahmen des geplanten Projektes näher untersucht werden. Ein grundlegendes Verständnis und die quantitative Vorhersage solcher Phänomene auf der Basis geeigneter mathematischer Modelle wird als wesentliche Grundlage für die Optimierung biotechnologischer Produktionsprozesse gesehen. Das Projekt ist Teil des Magdeburger Zentrums für Systembiologie (MaCS), welches vom BMBF im Rahmen der FORSYS Initiative unterstützt wird.

---

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

**Kooperationen:** MPI Magdeburg, Prof. Reichel

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.07.2006 - 30.06.2011

#### **Populationsdynamische Modellierung von Infektionsvorgängen in Zellkulturen bei der Impfstoffproduktion**

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der populationsdynamischen Modellierung biotechnologischer Prozesse zur Produktion von Impfstoffen in Säuger-Zellkulturen. Als Anwendungsbeispiel wird die Produktion von Influenza A Viren in MDCK Zellen betrachtet. Mit Hilfe der populationsdynamischen Modellierung ist eine differenzierte Betrachtung der Zellpopulation möglich. Neben nichtinfizierten und infizierten Zellen, können letztere beispielsweise hinsichtlich des Infektionsgrades oder anderer zellinterner Größen unterschieden werden. Die entwickelten Modelle dienen einem verbesserten biologischen Verständnis und sollen längerfristig zur rechnergestützten Optimierung der Impfstoffproduktion eingesetzt werden. Experimentelle Untersuchungen zur Validierung der entwickelten mathematischen Modelle werden in der Gruppe von Prof. Reichel am MPI durchgeführt. Das Projekt ist Teil des vom Land Sachsen-Anhalt geförderten Exzellenzschwerpunktes 'Dynamische Systeme in Biologie/Medizin und Prozesstechnik'.

---

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

**Kooperationen:** Prof. Findeisen, IFAT; Prof. Seidel-Morgenstern, MPI Magdeburg; Prof. Tsotsas, Jun. Prof. Peglow, Prof. Mörl, FVST

**Förderer:** Haushalt; 01.08.2007 - 31.07.2012

#### **Regelung von Partikelsystemen**

Partikelbildende Prozesse spielen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie sowie in der Lebensmitteltechnologie eine wichtige Rolle. Typische Beispiele sind die Kristallisation und die Wirbelschichtsprühgranulation. Wichtige Aufgabenstellungen aus regelungstechnischer Sicht betreffen die Stabilisierung instabiler Betriebszustände und die gezielte Einstellung der gewünschten Produkteigenschaften. Dazu werden moderne modellgestützte Mess- und Regelverfahren entwickelt.

---

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

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2007 - 31.12.2011

#### **Regelung von Reaktivdestillationsprozessen**

In einer Reaktivdestillationskolonne werden Reaktion und Stofftrennung kombiniert. Dies ist in vielen Fällen sehr wirtschaftlich im Vergleich zu konventionellen Prozessen, bei denen Stofftrennung und Reaktion separat durchgeführt werden. Das dynamische Verhalten von Reaktivdestillationsprozessen ist aber sehr komplex, gerade während des Anfahrvorganges, da sich alle Prozessvariablen zeitlich ändern. Der Anfahrprozess ist von ökologischer und wirtschaftlicher Bedeutung, da das Produkt während dieser Betriebsphase entsorgt werden muss. Innerhalb dieses Projektes soll das Anfahrproblem von Reaktivdestillationskolonnen mit Hilfe geeigneter Regelungsstrategien gelöst werden. Weitere Aufgabenstellungen betreffen das Autotuning von Arbeitspunktreglern und die Reglerstruktursynthese.

---

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

**Kooperationen:** BASF AG-Ludwigshafen-Germany; Prof. Hackbusch, MPI Leipzig; Prof. John, Universität Saarbrücken; Prof. Sundmacher, Lehrstuhl für Prozesstechnik (Uni Magdeburg) und Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme

**Förderer:** Bund; 01.11.2007 - 30.06.2010

#### **Simulation of Particle Populations in Turbulent Flows**

The interaction of crystal formation and fluid dynamics is considered. An industrial crystallizer for urea production is used as an application example. The project's objectives are the development of reduced models for process control purposes.

---

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

**Kooperationen:** Astra Zeneca; Bayer AG; Prof. Davey, University of Sheffield; Prof. Mazzotti, ETH Zürich; Prof. Panke, ETH Zürich; Prof. Seidel-Morgenstern, MPI

**Förderer:** EU; 01.06.2008 - 31.05.2011

#### **Synthesis of Integrated Processes for the Production of Pure Enantiomers**

Enantiomers are isomers of extreme relevance in the production of pharmaceuticals and fine chemicals. The objective of this project is to improve the production of pure enantiomers by clever combinations of reaction and separation steps. First promising results were obtained for the combination of racemization reactions and chromatographic separation techniques including SMB, SSR, and elution chromatography.

---

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

**Kooperationen:** NCL Punai/Indien, Dr. A. Kulkarni; Uni Magdeburg, Prof. Hauptmann

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2007 - 31.12.2011

#### **Untersuchung von gekoppelten Transport- und Reaktionsprozessen in Mikrokanälen**

Miniaturisierte Prozesssysteme spielen eine zunehmend wichtige Rolle in der chemischen, pharmazeutischen und biomedizinischen Industrie. Im Rahmen dieses Teilprojektes werden neue Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie für die schnelle und kostengünstige Entwicklung neuer chemischer Prozesse untersucht. Dazu wurde in einem ersten Schritt eine flexible Versuchsanlage zur Untersuchung der gekoppelten Transport- und Reaktionsprozesse in Mikrokanälen aufgebaut. Die Untersuchungen konzentrieren sich dabei auf eine heterogen katalysierte Flüssigphasenreaktion. Obwohl diese Klasse von Reaktionen ein hohes Anwendungspotential hat, wurde sie bisher kaum untersucht. Parallel zu den experimentellen Untersuchungen werden geeignete mathematische Modelle entwickelt und anhand von Messdaten validiert. In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Mess- und Sensortechnik werden neue Sensoren für die online-Messung des Reaktionsfortschrittes erprobt.

## **5. Veröffentlichungen**

### ***Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften***

**Chaturvedi, Nalin A. ; Klein, Reinhardt; Christensen, Jake; Ahmed, Jasim; Kojic, Aleksandar**

Algorithms for advanced battery-management systems

In: Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE control systems magazine. - New York, NY: IEEE, Bd. 30.2010, 3, S. 49-68; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,736]

**Fütterer, Marco**

Design of simulated moving bed plants for reduced purities

In: Chemical engineering & technology. - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 33.2010, 1, S. 21-34; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 0,923]

**Hasenauer, Jan; Rumschinski, Philipp; Waldherr, Steffen; Borchers, Steffen; Allgöwer, Frank; Findeisen, Rolf**

Guaranteed steady state bounds for uncertain (bio-)chemical processes using infeasibility certificates

In: Journal of process control. - Oxford [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 20.2010, 9, S. 1076-1083; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,235]

**Jacobs, Thomas; Kienle, Achim; Hauptmann, Peter**

Capillary type thermal mass flow sensors for monitoring esterification reactions in residence time micro-reactors

In: Chemical engineering journal. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 160.2010, 3, S. 827-833; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,813]

**Jacobs, Thomas; Kutzner, Christian; Kropp, Miron; Brokmann, Geert; Lang, Walter; Steinke, Arndt; Kienle, Achim;**

**Hauptmann, Peter**

Inline chemical process analysis in micro-plants based on thermoelectric flow and impedimetric sensors  
In: Measurement science and technology. - Bristol: IOP Publ. Ltd., Bd. 21.2010, 10, insges. 12 S.; [Link unter URL](#); 2010  
[Imp.fact.: 1,317]

**Kouvaritakis, Basil; Cannon, Mark; Rakovic, Sasa V. ; Cheng, Qifeng**

Explicit use of probabilistic distributions in linear predictive control  
In: Automatica. - Oxford [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 46.2010, 10, S. 1719-1724; [Link unter URL](#); 2010  
[Imp.fact.: 2,631]

**Krasnyk, Mykhaylo; Mangold, Michael; Kienle, Achim**

Reduction procedure for parametrized fluid dynamics problems based on proper orthogonal decomposition and calibration  
In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 23, S. 6238-6246; [Link unter URL](#); 2010  
[Imp.fact.: 2,136]

**Kunde, Christian; Hanke-Rauschenbach, R. ; Mangold, Michael; Kienle, Achim; Sundmacher, Kai; Wagner, S. ; Hahn, R.**

Temperature and humidity control of a micro PEM fuel cell stack  
In: Fuel Cells. - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 10.2010, 6, S. 949-959; [Link unter URL](#); 2010  
[Imp.fact.: 2,557]

**Rakovic, Sasa V. ; Miroslav, Baric**

Parameterized robust control invariant sets for linear systems - theoretical advances and computational remarks  
In: Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE transactions on automatic control. - New York, NY: Inst., Bd. 55.2010, 7, S. 1599-1614; [Link unter URL](#); 2010  
[Imp.fact.: 2,556]

**Rumschinski, Philipp; Borchers, Steffen; Bosio, Sandro; Weismantel, Robert; Findeisen, Rolf**

Set-base dynamical parameter estimation and model invalidation for biochemical reaction networks  
In: BMC systems biology. - London: BioMed Central, Bd. 4.2010, 69, insges. 14 S.; [Abstract unter URL](#); 2010  
[Imp.fact.: 4,064]

**Originalartikel in begutachteten nationalen Zeitschriften**

**Bergert, Martin; Höme, Stefan; Hundt, Lorenz**

Verhaltensmodellierung für die virtuelle Inbetriebnahme  
In: Etz. - Berlin: VDE-Verl., Bd. 131.2010, 9, S. 16-25; 2010

**Makarewvich, Kataryna; Sharmadina, Vera; Palis, Frank; Palis, Stefan**

Matematicheskaja model' povorotnogo krana s ispol'zovanien Simmechanics  
In: Problemy avtomatyzyrovannogo zlektropyvoda. - Char'kov: Univ., S. 102-103; Vestnik Nacional'nogo Techniceskogo Universiteta "ChPI"; 28.2010; 2010

**Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen**

**Bergert, Martin; Höme, Stefan; Hundt, Lorenz**

Verhaltensmodellierung für die Virtuelle Inbetriebnahme - Integration von hybriden State Charts in AutomationML mit MathML  
In: Automation 2010. - Düsseldorf: VDI-Verl., ISBN 978-3-18-092092-4, S. 17-21; VDI-Berichte; 2092, Buch  
Kongress: Kongress "Automation 2010"; 11 (Baden-Baden): 2010.06.15-16; 2010

**Krause, Jan; Diedrich, Christian**

Modellbasierte Testgenerierung aus Spezifikationen mit parallelem Verhalten  
In: Informatik 2010; Bd. 2: [Vorträge zum Tag der Informatik; Workshops]. - Bonn: Ges. für Informatik, ISBN 978-

3-88579-270-3, S. 333-339; GI-Edition

Kongress: Jahrestagung. Gesellschaft für Informatik; 40 (Leipzig): 2010.09.27-10.01; 2010

**Maldonado, Solvey; Findeisen, Rolf**

Force-induced bone growth and adaptation - a system theoretical approach to understanding bone mechanotransduction

In: WCCM/APCOM 2010. - Sydney, S. 012127-1-012127-10; [Link unter URL](#)

Kongress: WCCM/APCOM 2010; (Sydney): 2010.07.19-23; 2010

**Mangold, Michael; Kienle, Achim**

Regelung von Brennstoffzellensystemen

In: Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften: Jahresbericht // Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften // Max Planck Society for the Advancement of Science. - München: Max-Planck-Ges., insges. 7 S., 2010; 2010

**Niemann, K.-H. ; Schmid, F. ; Handlich, Thomas; Gunzert, M.**

FDT 2.0 - ein Bericht zur Aktualisierung des FDT-Standards

In: Automation 2010. - Düsseldorf: VDI-Verl., ISBN 978-3-18-092092-4, S. 143-148; VDI-Berichte; 2092, Buch

Kongress: Kongress "Automation 2010"; 11 (Baden-Baden): 2010.06.15-16; 2010

**Paramasivan, Ganesh; Kienle, Achim**

A reactive distillation case study for decentralized control system design using mixed integer optimization

In: 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISBN 978-0-444-53718-8, S. 565-570, 2010

Kongress: ESCAPE; 20 (Ischia): 2010.06.06-09; 2010

**Schreiber, R. ; Mühlhause, Mathias; Wollschläger, Martin; Birkhofer, R. ; Kallhoff, J. ; Wickinger, J.**

Generisches Lebenszyklusmodell für Produkte und Systeme der Automation

In: Automation 2010. - Düsseldorf: VDI-Verl., ISBN 978-3-18-092092-4, S. 77-80; VDI-Berichte; 2092, Buch

Kongress: Kongress "Automation 2010"; 11 (Baden-Baden): 2010.06.15-16; 2010

**Sommer, Steffen; Böhm, Jens; Kienle, Achim**

Energy management for heat intensive production plants using mixed integer optimization

In: 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISBN 978-0-444-53718-8, S. 877-882, 2010

Kongress: ESCAPE; 20 (Ischia): 2010.06.06-09; 2010

**Wollschläger, Martin; Runde, Stefan; Mühlhause, Mathias; Lindemann, L. ; Braune, A.**

XML in der Automation - Best Practice

In: Automation 2010. - Düsseldorf: VDI-Verl., ISBN 978-3-18-092092-4, S. 477-480; VDI-Berichte; 2092, Buch

Kongress: Kongress "Automation 2010"; 11 (Baden-Baden): 2010.06.15-16; 2010

**Herausgeberschaften**

**Jumar, Ulrich; Schnieder, Eckehard; Diedrich, Christian**

Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - EKA 2010; Beschreibungsmittel, Methoden, Werkzeuge und Anwendungen; 11. Fachtagung mit Tutorium, 25. bis 27. Mai 2010 in Magdeburg, Denkfabrik im Wissenschaftshafen. - Magdeburg: ifak; VII, 359 S.: Ill., graph. Darst., ISBN 978-3-940961-41-9, 2010

Kongress: Fachtagung EKA; 11 (Magdeburg): 2010.05.25-27

Tagung EKA; 11 (Magdeburg): 2010.05.25-27; 2010

**Buchbeiträge**

**Bück, Andreas; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos; Kienle, Achim**

Model-based measurement of PSDs granulation processes

In: Abstracts and proceedings // WCPT6-2010, World Congress on Particle Technology. - Nürnberg, ISBN 978-3-00-030570-2, insges. 4 S.

Kongress: WCPT; 6 (Nürnberg): 2010.04.26-29; 2010

**Bück, Andreas; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos; Mangold, M. ; Kienle, Achim**

Model-based measurement and control of particulate processes - an application to granulation processes

In: 19th International Congress of Chemical and Process Engineering and 7th European Congress of Chemical Engineering. - Praha, ISBN 978-80-0202210-7, insges. 11 S., 2010

Kongress: CHISA 2008; 19 (Praha, Czech Republic): 2010.08.28-09.01; 2010

**Cannon, Marc; Kouvaritakis, Basil; Rakovic, Sasa V. ; Cheng, Qifeng**

Stochastic tubes in model predictive control with probabilistic constraints

In: American Control Conference (ACC), 2010. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 6274-6279; [Abstract unter URL](#)

Kongress: ACC; (Baltimore, Md.): 2010.06.30-07.02; 2010

**Cannon, Mark; Cheng, Qifeng; Kouvaritakis, Basil; Rakovic, Sasa V.**

Stochastic tube MPC with state estimation

In: 19th International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems, MTNS 2010. - Budapest, ISBN 978-963-311-370-7, S. 11-16

Kongress: MTNS 2010; 19 (Budapest, Hungary): 2010.07.05-09; 2010

**Chaturvedi, Nalin A. ; Klein, Reinhardt; Christensen, Jake; Ahmed, Jasim; Kojic, Aleksandar**

Modelling, estimation and control challenges for lithium-ion batteries

In: American Control Conference (ACC), 2010. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 1997-2002; [Abstract unter URL](#)

Kongress: ACC; (Baltimore, Md.): 2010.06.30-07.02; 2010

**Diedrich, Christian; Mühlhause, Mathias**

Modellansätze für die digitale Fabrik

In: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme. - Magdeburg: ifak, ISBN 978-3-940961-41-9, S. 9-17, 2010

Kongress: Fachtagung EKA; 11 (Magdeburg): 2010.05.25-27; 2010

**Diedrich, Christian; Mühlhause, Mathias; Suchold, Nico**

Begriffe der Kommunikation in der Automatisierungstechnik

In: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme. - Magdeburg: ifak, ISBN 978-3-940961-41-9, S. 352, 2010

Kongress: Fachtagung EKA; 11 (Magdeburg): 2010.05.25-27; 2010

**Frenzel, Roman; Wollschläger, Martin; Hadlich, Thomas; Diedrich, Christian**

Tool support for the development of IEC 62390 compliant fieldbus profiles

In: 2010 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-1-424-46849-

Kongress: ETFA 2010; (Bilbao, Spain): 2010.09.13-16; 2010

**Frey, Dirk; Findeisen, Rolf; Bullinger, Eric**

Identification of biochemical reaction networks using a parameter-free coordinate system

In: Control theory and systems biology. - Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, ISBN 978-0-262-01334-5, S. 297-316, 2010; 2010

**Hadlich, Thomas; Mühlhause, Mathias; Diedrich, Christian**

Discovery and integration of information in a heterogeneous environment

In: 2010 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-1-424-46849-

Kongress: ETFA 2010; (Bilbao, Spain): 2010.09.13-16; 2010

**Höme, Stefan; Bergert, Martin; Diedrich, Christian**

Integration von Kinematik- und Verhaltensmodellierung in mechatronischen Modellen für die Virtuelle Inbetriebnahme  
In: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme. - Magdeburg: ifak, ISBN 978-3-940961-41-9, S. 95-103, 2010  
Kongress: Fachtagung EKA; 11 (Magdeburg): 2010.05.25-27; 2010

**Klein, Reinhardt; Chaturvedi, Nalin A. ; Christensen, Jake; Ahmed, Jasim; Findeisen, Rolf; Kojic, Aleksandar**  
State estimation of a reduced electrochemical model of a lithium-ion battery  
In: American Control Conference (ACC), 2010. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 6618-6623; [Abstract unter URL](#)  
Kongress: ACC; (Baltimore, Md.): 2010.06.30-07.02; 2010

**Kögel, Markus; Blind, Rainer; Allgöwer, Frank**  
Optimal control over unreliable networks with uncertain loss rates  
In: American Control Conference (ACC), 2010. - Piscataway, NJ: IEEE, S. 3672-3677; [Abstract unter URL](#)  
Kongress: ACC; (Baltimore, Md.): 2010.06.30-07.02; 2010

**Maldonado, Solvey; Savchenko, Anton; Findeisen, Rolf**  
Therapy discrimination via global sensitivity analysis of force-induced bone growth and adaptation  
In: IEEE International Symposium on Computer-Aided Control System Design (CACSD) 2010. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-1-424-45354-2, S. 499-505; [Abstract unter URL](#)  
Kongress: CACSD; (Yokohama): 2010.09.08-10; 2010

**Paramasivan, Ganesh; Kienle, Achim**  
Decentralized control system design using mixed integer optimization  
In: EngOpt 2010. - Lisbon: Technical Univ. of Lisbon, Inst. Superior Técnico, ISBN 978-989-962643-0, insges. 10 S.; [Link unter URL](#)  
Kongress: EngOpt 2010; 2 (Lisboa, Portugal): 2010.09.06-09; 2010

**Rakovic, Sasa V. ; Kouvaritakis, Basil; Findeisen, Rolf; Cannon, Mark**  
Simple homothetic tube model predictive control  
In: 19th International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems, MTNS 2010. - Budapest, ISBN 978-963-311-370-7, S. 1411-1418  
Kongress: MTNS 2010; 19 (Budapest, Hungary): 2010.07.05-09; 2010

**Rumschinski, Philipp; Richter, Jan; Savchenko, Anton; Borchers, Steffen; Lunze, Jan; Findeisen, Rolf**  
Complete fault diagnosis of uncertain polynomial systems  
In: 9th International Symposium on Dynamics and Control of Process Systems (DYCOPS 2010). - IFAC, ISBN 978-3-902661-69-2, S. 127-132; [Abstract unter URL](#)  
Kongress: DYCOPS; 9 (Leuven, Belgium): 2010.07.05-07; 2010

**Varutti, Paolo; Faulwasser, Timm; Kern, Benjamin; Kögel, Markus; Findeisen, Rolf**  
Event-based reduced-attention predictive control for nonlinear uncertain systems  
In: IEEE International Symposium on Computer-Aided Control System Design (CACSD) 2010. - Piscataway, NJ: IEEE, ISBN 978-1-424-45354-2, S. 1085-1090; [Abstract unter URL](#)  
Kongress: CACSD; (Yokohama): 2010.09.08-10; 2010

**Varutti, Paolo; Kern, Benjamin; Findeisen, Rolf**  
Event-based control for networked control systems - an active compensation approach  
In: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme. - Magdeburg: ifak, ISBN 978-3-940961-41-9, S. 29-38, 2010  
Kongress: Fachtagung EKA; 11 (Magdeburg): 2010.05.25-27; 2010

### **Artikel in Kongressbänden**

**Palis, Stefan; Kienle, Achim**  
Stabilization of a continuous fluidized bed spray granulation  
In: International Conference on Population Balance Modelling <4, 2010, Berlin>: 4th International Conference on



Population Balance Modelling. - Berlin: Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, S. 87-97  
Kongress: PBM 2010; 4 (Berlin): 2010.09.15-17; 2010

### **Dissertationen**

#### **Ali Ramadan, M. Ali**

Channel estimation and ICI cancellation for adaptive OFDM systems in doubly selective channels. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); XXIV, 128 S.: III., graph. Darst.; 2010

#### **Fütterer, Marco**

On design and control of simulated moving bed plants. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); 134 S.: graph. Darst.; 30 cm; 2010

#### **Grötsch, Markus**

Nonlinear analysis and control of PEM fuel cells. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); XIII, 124 S.: graph. Darst.; 2010

#### **Khazada, Tariq Jamil Saifullah**

Wireless communication techniques for indoor positioning and tracking applications. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); XIX, 143 S.: graph. Darst.; 2010

#### **Kürschner, Daniel**

Methodischer Entwurf toleranzbehafteter induktiver Energieübertragungssysteme. - Berichte aus der Elektrotechnik  
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2009; Aachen: Shaker; XIV, 205 S.: III.,  
graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-8322-8897-6, 2010  
[Literaturverz. S. 195 - 205]; 2010

#### **Stuhlsatz, André**

Machine learning with Lipschitz classifiers. - Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); VII, 200 S.: graph. Darst.; 2010