

# **Forschungsbericht 2008**

**Institut für Automatisierungstechnik**



**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

**Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik**

# 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 o 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

**Förderer:** Industrie; 01.03.2008 - 31.12.2009

### **Entwicklung und Umsetzung eines mechatronischen Mastermodells für ein domänenübergreifendes Dokumentations- und Änderungsmanagement**

Im heutigen Planungsprozess automatisierungstechnischer Anlagen herrscht vorwiegend eine strikte Trennung zwischen den an der Planung beteiligten Fachdisziplinen Mechanikkonstruktion, Elektrokonstruktion, Robotik und Steuerungstechnik. Jeder Bereich setzt seine eigenen Methoden und Werkzeuge ein, die Dokumentation der Planungsergebnisse erfolgt demnach in unterschiedlichen und meist nicht kompatiblen Datenformaten. Dies erfordert häufig eine manuelle Mehrfacheingabe von Planungsergebnissen und verursacht unkontrollierte Datenredundanzen. In dem Projekt soll das Konzept eines gesamtheitlichen mechatronischen Modells für Fertigungsanlagen entwickelt werden.

---

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

**Förderer:** Industrie; 01.10.2006 - 31.07.2008

### **Mechatronische Bibliothek für virtuelle Inbetriebnahme**

Das Konzept der digitalen Fabrik stellt neue Anforderungen an die Investitionsmittelindustrie, indem alle beteiligten Betriebsmittel durch eine vollständige digitale und semantische eindeutige Repräsentation verfügbar sein müssen. In der Praxis fokussiert die digitale Fabrik heute im Wesentlichen auf die Integration der geometrischen und mechanischen Eigenschaften und Beziehungen zwischen den an der Produktion beteiligten Objekten, den Produkten und Ressourcen. Der durchgängige digitale Planungsprozess von der Produktidee bis hin zur Produktion des

Produkts auf der virtuellen Anlage ist auf dieser Basis nicht durchführbar. Ziel des Projekts ist, die Auflösung der Systembrüche zwischen kinematischer Simulation und elektro-/automatisierungstechnischer Inbetriebnahme vor allem für die virtuelle Inbetriebnahme. ... [mehr](#)

---

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

**Förderer:** EU - Forschungsrahmenprogramm; 01.09.2006 - 31.08.2009

**Service Oriented Cross layer infRAstructure for Distributed smart Embedded deviceS (SOCRADES)**

Das Ziel vom SOCRADES Projekt ist die Entwicklung neuartiger Methoden, Technologien und Werkzeuge für die Modellierung, den Entwurf, die Implementierung und den Betrieb von eingebetteten Systemen, die mit Netzwerken verbunden sind und eigene Informationsverarbeitung besitzen. Diese sogenannten intelligenten Geräte werden in perzeptiven und Steuerungssystemen und in intelligenten Umgebungen eingesetzt, die durch Kooperation gemeinsame Ziele lösen. Als Grundlage der Zusammenarbeit der intelligenten Geräte wird das Service Oriented Architecture (SOA) Konzept angewendet.

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 das Arbeitspaket Trend screening, requirements, state-of-the art, technology assessment des SOCRADES Projektes durch Mitarbeiter des Lehrstuhl unterstützt. ... [mehr](#)

---

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

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2005 - 31.05.2008

**UML basierte Profile für PROFINET IO für Schienenfahrzeuge**

Züge und Wagen verwenden digitale Kommunikationssysteme für den Datenaustausch zwischen den Wagen und innerhalb der Wagen. Die Subsysteme in den Wagen und die automatisierungstechnischen Geräte sind an industrielle Kommunikationssysteme angeschlossen. Interoperabilität zwischen den Subsystemen und den Geräten erfordert zusätzlich zu den Kommunikationsdiensten und -protokollen Festlegungen, die die Funktionen und deren Parameter syntaktisch und semantisch in sogenannten Profilen spezifizieren. In diesem Projekt sind die Profile für das Kommunikationssystem PROFINET IO zu erstellen. Als Spezifikationsmethode wird durchgängig UML verwendet.

---

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

**Förderer:** EU - Forschungsrahmenprogramm; 01.09.2005 - 01.08.2009

**Virtual Automation Networks (VAN)**

Virtual Automation Networks (VAN) bilden die Kommunikation in heterogenen Netzen unter Einbindung von Weitverkehrsnetzen in industrieller Umgebung. Diese neue Thematik wird in dem gleichnamigen Integrated Project zusammen mit namhaften europäischen Automatisierungsherstellern untersucht. In dem 2005 begonnenen Projekt wurde zunächst der State-of-the-Art der industriellen Kommunikation, vorrangig ethernetbasierte Lösungen, umfassend analysiert. Weiterhin wurden Anforderungen für eine zukünftige VAN-Architektur formuliert. 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 das Arbeitspaket Engineering des VAN Projektes durch Mitarbeiter des Lehrstuhl unterstützt.

---

**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 - 30.06.2009

**Optimierungsbasierte Regelung verfahrenstechnischer Prozesse: Effiziente Ausgangsregelung nichtlinearer verfahrenstechnischer Prozesse mit Hilfe prädikativer 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. ... [mehr](#)

---

**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. ... [mehr](#)

---

**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:** 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

**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 - 01.12.2010

**Entwicklung asynchroner prädiktiver 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. ... [mehr](#)

---

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

**Kooperationen:** Prof. Robert Weismantel

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt/ohne Gutachtersystem); 01.06.2008 - 30.05.2009

**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 Strukturanalysenmethoden aufbauend, Verfahren für das Parameterschätzproblem ausgearbeitet werden. ... [mehr](#)

---

**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:** Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer, Universität Stuttgart

**Förderer:** Sonstige; 01.06.2008 - 31.05.2009

### **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. ... [mehr](#)

---

**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 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

**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

**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. Achim Kienle

**Kooperationen:** J. Böhm, Rothenseer Generatorenfertigung GmbH, Magdeburg

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2007 - 31.12.2009

### **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 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. ... [mehr](#)

---

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

**Kooperationen:** IPF Beteiligungsgesellschaft Reilingen, MTU CFC Solutions München, Prof. Sundmacher, MPI Magdeburg, VW Isenbüttel

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2005 - 31.12.2009

#### **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:** Mitglieder der DFG-Forschergruppe FOR 447

**Förderer:** DFG; 01.09.2003 - 30.08.2008

#### **Nichtlineare Dynamik von Membranreaktoren**

Das Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung strukturierter dynamischer Modelle für Membranreaktoren, der Analyse von Membranreaktoren hinsichtlich Prozessführungseigenschaften und der Bewertung unterschiedlicher Membranreaktor Konzepte im Vergleich zu konventionellen Prozessen. Im ersten Schritt wird eine Familie strukturierter Modelle unterschiedlicher Membranreaktoren entwickelt und in Form einer Modellbibliothek im Modellierungswerkzeug ProMoT implementiert. Die entwickelten Modelle werden in einem zweiten Schritt verwendet, um das autonome Reaktorverhalten - z.B. hinsichtlich Stabilität - und das geregelte Prozessverhalten - z.B. hinsichtlich Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit - zu untersuchen. Ein dritter Schritt soll sich mit der Optimierung von Membranreaktoren beschäftigen. Zu lösende Optimierungsaufgaben betreffen dabei die stationäre Prozesssynthese, die instationäre Prozessführung sowie die optimale Versuchsplanung.

Das Projekt ist Teil der DFG-Forschergruppe 447 "Membranunterstützte Reaktionsführung".

---

**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 - 31.12.2009

#### **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. ... [mehr](#)

---



**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Kooperationen:** MPI Magdeburg, Prof. Reichel  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2005 - 31.12.2009

**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. ... [mehr](#)

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Förderer:** Haushalt; 01.10.2006 - 30.09.2009

**Regelung von kontinuierlichen chromatographischen Prozessen**

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  
**Kooperationen:** Prof. Findeisen, IFAT, Prof. Heinrich, TU Hamburg-Harburg, Prof. Seidel-Morgenstern, MPI Magdeburg, Prof. Tsotsas, Jun. Prof. Peglow, Prof. Mörl, FVST  
**Förderer:** Haushalt; 01.08.2006 - 31.07.2009

**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 nichtlineare Regelungsverfahren entwickelt und eingesetzt.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Achim Kienle  
**Förderer:** Haushalt; 01.04.2006 - 31.12.2009

**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 Reglersstruktursynthesen.

---

**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:** IIT Bombay/Indien, Prof. Mahjani, Mitglieder der DFG-Forscherguppe 468

**Förderer:** DFG; 30.04.2005 - 30.04.2009

**Synthese kombinierter Reaktions-Destillations-Prozesse**

Die Kombination von Stofftrennung und Reaktion in einer Reaktivdestillationskolonne ist in vielen Fällen sehr wirtschaftlich im Vergleich zu konventionellen Prozessen, bei denen Stofftrennung und Reaktion in getrennten Apparaten durchgeführt werden. Allerdings ist die Bestimmung optimaler Prozesskonfigurationen und optimaler Betriebsbedingungen bei der Reaktivdestillation aufgrund der großen Komplexität schwierig. Im Rahmen des vorliegenden Projektes werden dazu in enger Zusammenarbeit mit der mathematischen Optimierung geeignete Optimierungsstrategien entwickelt. Schwerpunkte im Rahmen dieses Teilprojektes liegen bei der Auswahl geeigneter Benchmark-Probleme und deren mathematischer Modellierung, der Bestimmung geeigneter Superstrukturen durch physikalische Vorüberlegungen sowie bei der Entwicklung von Shortcut-Methoden und -Modellen. ... [mehr](#)

---

**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 - 31.05.2010

**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 combinatio 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); 01.01.2005 - 31.12.2009

**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 kosten- günstige 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 geeignete mathematische Modelle entwickelt und anhand von Messdaten validiert.

---

## 5. Veröffentlichungen

### *Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften*

**Gangadwala, Jignesh; Haus, Utz-Uwe; Jach, Matthias; Kienle, Achim; Michaels, Dennis; Weismantel, Robert**

Global analysis of combined reaction distillation process

In: Computers & chemical engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 32.2008, 1/2, S. 343-355; [Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 1,238]

**Gangadwala, Jignesh; Radulescu, Gabriel; Kienle, Achim; Steyer, Frank; Sundmacher, Kai**

New processes for recovery of acetic acid from waste water

In: Clean technologies and environmental policy. - Berlin: Springer, Bd. 10.2008, 3, S. 245-254; [Link unter URL](#)

**Kulkarni, A. A. ; Zeyer, K.-P. ; Jacobs, T. ; Kaspereit, M. ; Kienle, Achim**

Feasibility studies and dynamics of catalytic liquid phase esterification reactions in a micro plant

In: Chemical engineering journal. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 135.2008, 1, S. 270-275; [Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 1,707]

**Kumar, M. Vasudeva; Kienle, Achim; Zeyer, A. P. ; Pushpavanam, S.**

Nonlinear analysis of the effect of maintenance in continuous cell cultures

In: Mathematics and computers in simulation. - Amsterdam: North-Holland, Bd. 79.2008, 3, S. 728-748;  
[Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 0,738]

**Sidorenko, Y. ; Schulze-Horsel, J. ; Voigt, Andreas; Reichl, Udo; Kienle, Achim**

Stochastic population balance modeling of influenza virus replication in vaccine production processes

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 63.2008, 1, S. 157-169; [Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 1,775]

**Sidorenko, Y. ; Voigt, Andreas; Schulze-Horsel, J. ; Reichl, Udo; Kienle, Achim**

Stochastic population balance modeling of influenza virus replication in vaccine production processes. II. detailed description of the replication mechanism

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 63.2008, 8, S. 2299-2304; [Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 1,775]

### *Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen*

**Dosta, Maksym; Mangold, Michael; Kienle, Achim; Svjatnyj, Volodymyr R.**

Parallel simulation of a molten carbonate fuel cell system

In: European Symposium on Computer Aided Process Engineering <18, 2008, Lyon>: 18th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISBN 0-444-53227-7; Computer-aided chemical engineering; 25  
Kongress: ESCAPE; 18 (Lyon): 2008.06.01-04

**Jach, Matthias; Kienle, Achim; Michaels, Dennis; Weismantel, Robert**

Novel convex underestimators and their application to the synthesis of combined reaction distillation processes

In: European Symposium on Computer Aided Process Engineering <18, 2008, Lyon>: 18th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISBN 0-444-53227-7, insges. 6 S.; Computer-aided chemical engineering; 25  
Kongress: ESCAPE; 18 (Lyon): 2008.06.01-04

**Jacobs, Thomas; Kaspereit, Malte; Zeyer, Klaus Peter; Kienle, Achim; Hauptmann, Peter**

Thermal mass flow sensors for monitoring esterification reactions in residence time micro reactors

In: American Institute of Chemical Engineers: Conference proceedings, 2008 AIChE spring national meeting. - New

York, NY: AIChE, ISBN 978-0-8169-1023-6, insges. 1 S.; P / AIChE, American Institute of Chemical Engineers; 247  
Kongress: AIChE spring national meeting; (New Orleans, La.): 2008.04.06-10  
[Topical 5: IMRET-10: 10th International Conference on Microreaction Technology; session 209: Sensing and  
process analytics]

**Jacobs, Thomas; Kaspereit, Malte; Zeyer, Klaus-Peter; Kienle, Achim; Hauptmann, Peter**  
Thermal mass flow sensors for monitoring esterification reactions in residence time micro reactors  
In: Eurosensors XXII, ISBN 978-3-00-025217-4, insges. 8 S., 2008  
Kongress: Eurosensors; 22 (Dresden): 2008.09.07-10

**Jacobs, Thomas; Kaspereit, Malte; Zeyer, K.-P. ; Kienle, Achim; Hauptmann, Peter**  
Thermal flow sensor network for real-time kinetic analysis of chemical reactions in micro reactors  
In: Eurosensors XXII, ISBN 978-3-00-025217-4, S. 777-780, 2008  
Kongress: Eurosensors; 22 (Dresden): 2008.09.07-10

**Kaspereit, Malte; Palacios, Javier Garcia; Fernández, Tania Meixús; Kienle, Achim**  
Systematic design of production processes for enantiomers with integration of chromatography and racemisation  
reactions  
In: European Symposium on Computer Aided Process Engineering <18, 2008, Lyon>: 18th European Symposium on  
Computer Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISBN 0-444-53227-7, S. 97-102; Computer-  
aided chemical engineering; 25  
Kongress: ESCAPE; 18 (Lyon): 2008.06.01-04

**Müller, Thomas; Schulze-Horsel, Josef; Sidorenko, Yury; Reichl, Udo; Kienle, Achim**  
Population balance modeling of influenza virus replication in MDCK cells during vaccine production  
In: European Symposium on Computer Aided Process Engineering <18, 2008, Lyon>: 18th European Symposium on  
Computer Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, ISBN 0-444-53227-7, S. 133-138; Computer-  
aided chemical engineering; 25  
Kongress: ESCAPE; 18 (Lyon): 2008.06.01-04

**Schertl, Andreas; Löwen, Ulrich; Fay, Alexander; Drath, Rainer; Gutermuth, Georg; Mühlhause, Mathias;  
Ebel, Miriam**  
Systematische Beurteilung und Verbesserung des Engineering von automatisierten Anlagen  
In: Automation 2008 - Lösungen für die Zukunft. - Düsseldorf: VDI-Verl., ISBN 978-3-18-092032-0, S. 265-268; VDI-  
Berichte; 2032, Buch  
Kongress: Kongress Automation; (Baden-Baden): 2008.06.03-04

### ***Buchbeiträge***

**Diedrich, Christian; Mühlhause, Mathias; Riedl, Mathias; Bangemann, Thomas**  
Mapping of smart field device profiles to web service  
In: 2008 IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, WFCS 2008. - Piscataway, NJ: IEEE  
Operations Center, ISBN 978-1-424-42349-1, S. 375-382  
Kongress: WFCS 2008; (Dresden): 2008.05.21-23

**Palis, Frank; Palis, Stefan**  
High performance tracking control of automated slewing cranes  
In: Robotics and automation in construction. - In-teh, ISBN 978-953-761913-8, S. 187-198, 2008

**Palis, Stefan**  
Modified optimal control of magnetic levitation systems  
In: Proceedings of the XXXV Summer School "Advanced Problems in Mechanics", APM '2007. - St. Petersburg:  
Russian Akad. of Sciences, ISBN 5-9888301-5-3, S. 319-330, 2008  
Kongress: APM 2007; 35 (St. Petersburg, Russia): 2007.06.20-28

**Palis, Stefan; Stamann, Mario; Schallschmidt, Thomas**

Nonlinear control design for magnetic bearings via automatic differentiation

In: Proceedings // EPE-PEMC 2008, 2008 13th International Power Electronics and Motion Control Conference, 1 - 3 September 2008, Poznań - Poland. - Poznań, ISBN 978-1-424-41742-1, insges. 5 S.

Kongress: EPE-PEMC 2008; 13 (Poznań, Poland): 2008.09.01-01

**Palis, Stefan; Stamann, Mario; Schallschmidt, Thomas**

Rechnergestützter Reglerentwurf für ein Magnetlager mit Scilab/Scicos-RTAI

In: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - EKA 2008. - Magdeburg: Univ., ISBN 978-3-940961-01-3, S. 317-329

Kongress: Fachtagung; 10 (Magdeburg): 2008.04.15-17

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

Energie-Management-System für einen Produktionsbetrieb

In: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - EKA 2008. - Magdeburg: Univ., ISBN 978-3-940961-01-3, S. 109-120

Kongress: Fachtagung; 10 (Magdeburg): 2008.04.15-17

***Dissertationen***

**Krasnyk, Mykhaylo**

DIANA - an object-oriented tool for nonlinear analysis of chemical processes. - Forschungsberichte aus dem Max-Planck-Institut für Dynamik Komplexer Technischer Systeme; 23

Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2008; Aachen: Shaker; XIV, 129 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm