

Forschungsbericht 2007

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)
 - Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur rechnergestützten Analyse, Synthese und Automatisierung komplexer chemischer Prozesse in enger Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Prozesssynthese und -dynamik des Max-Planck-Institutes Magdeburg
 - Synthese, Dynamik und Regelung von Reaktivdestillationsprozessen
 - Neue Betriebsweisen und Regelung von kontinuierlichen chromatographischen Trennprozessen
 - Optimierte Prozessführung von Brennstoffzellensystemen
 - Anlagenweite Prozessführung
 - Steuerung und Regelung diskontinuierlicher Mehrproduktanlagen
2. Professur Integrierte Automation (Prof. Christian Diedrich)
 - 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; 01.10.2006 - 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 perceptiven 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: 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 prädikativer Regelungsverfahren für digital vernetzte Systeme

Ziel des vorliegenden interdisziplinären Kooperationsprojekts ist die Entwicklung innovativer asynchroner prädikativer Regelungsverfahren für nichtlineare Systeme unter direkter Berücksichtigung nichtdeterministischer Netzwerke zur Informationsübertragung. Insbesondere sollen Verfahren entwickelt und analysiert werden, mit denen Stabilität des geschlossenen Kreises trotz auftretender variabler Verzögerungen und möglicher Paketverluste rigoros garantiert werden kann. Daneben soll untersucht werden, wie mit Hilfe prädikativer Methoden der Datenaustausch zwischen Regler, Sensor und Stellglied minimiert werden kann. Prädikative 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

Förderer: Haushalt; 01.12.2007 - 01.12.2011

Parameter- und Strukturidentifikation Nichtlinearer Systeme

Bei der Modellierung nichtlinearer Systeme treten oftmals viele unbekannte Systemparameter auf oder die Struktur der Modellgleichungen sind teilweise vollständig unbekannt. Im Rahmen dieses Projekts sollen neue Parameter- und Strukturidentifikationsverfahren entwickelt werden, die sich insbesondere auf Probleme aus der Systembiologie und Biomedizin anwenden lassen und die auftretenden, speziellen Systemeigenschaften und -strukturen berücksichtigen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

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 sollen optimierungsbasierte Regelungsverfahren entwickelt werden, welche sich auf schnelle mechatronische Systeme anwenden lassen und diese Beschränkungen berücksichtigen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Rolf Findeisen

Förderer: Haushalt; 01.12.2007 - 01.12.2011

Trajektorienfolgen 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. Achim Kienle

Kooperationen: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für chemische Verfahrenstechnik, Prof. Seidel-Morgenstern

Förderer: Haushalt; 01.01.2003 - 31.12.2007

Gleichgewichtstheorie für integrierte Reaktions-Separations-Prozesse und chromatographische Reaktoren

Im Rahmen des Projektes wird basierend auf der Theorie quasilinearer partieller Differentialgleichungen 1. Ordnung eine einheitlicher Zugang zur Analyse von integrierten Reaktions-Separations-Prozessen entwickelt. Anwendungsbeispiele sind Reaktiv - destillationsprozesse, chromatographische Reaktoren und Membranreaktoren. Mit Hilfe dieser Theorie lassen sich inherente Limitierungen dieser Prozesse bestimmen. Sie kann daher u.a. für den konzeptionellen Prozessentwurf zum schnellen Screening unterschiedlicher Prozessvarianten genutzt werden. Praktische Anwendungsbeispiele aus dem Bereich der chromatographischen Reaktoren werden gemeinsam mit der Gruppe von Prof. Seidel-Morgenstern untersucht.

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Kooperationen: Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme, Freiburg, Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik Kaiserslautern, Mathematisches Institut Uni Freiburg, Abteilung f. Angewandte Mathematik, Uni Basel, Uni Karlsruhe, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik

Förderer: Sonstige; 01.06.2005 - 31.05.2007

Modellbasiertes Design von PEM-Brennstoffzellen und PEM-Brennstoffzellensystemen

Im Projektverbund mit den unten genannten Partnern werden Modelle von PEM-Brennstoffzellen, -stacks und -systemen auf unterschiedlichen Größenskalen entwickelt, von der Feinstrukturskala über die Zell- und Stackskala bis zur Systemskala. Die Modelle werden zur Systemanalyse, zur Prozessgestaltung und zur Prozessführung eingesetzt. Die Arbeiten des MPI verfolgen zwei Hauptziele. Zum einen sollen, ausgehend von den detaillierten Modellen der Projektpartner, reduzierte Modelle niedriger Ordnung von Brennstoffzellenstacks und Gesamtsystemen entwickelt werden. Diese Modelle sollen sich mit vergleichsweise geringem Rechenaufwand auch in Echtzeit lösen lassen. Sie eignen sich daher zur Bearbeitung von Prozessführungsaufgaben, z.B. zur Regelung oder Online-Diagnose von Brennstoffzellensystemen. Das zweite Ziel ist die Aufklärung von Mechanismen, die in Brennstoffzellensystemen zu Instabilitäten führen können. ... [mehr](#)

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Kooperationen: Uni Magdeburg, Dr. Peglow, Uni Magdeburg, Jun. Prof. Heinrich, Uni Magdeburg, Prof. Mörl

Förderer: Haushalt; 01.01.2004 - 31.12.2007

Nichtlineare Dynamik bei der Wirbelschicht-Sprühgranulation

Die Partikelbildung in Wirbelschichten durch Granulation und Agglomeration spielt eine wichtige Rolle bei der Produktion von Lebensmitteln und Pharmazeutika. Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der modellgestützten Analyse des dynamischen Verhaltens solcher Prozesse. Es konnte gezeigt werden, dass diese Prozesse in Verbindung mit einer externen Produktklassierung, wie sie in der Praxis häufig angewendet wird, zu dynamischen Instabilitäten in Form nichtlinearer Oszillationen neigen. Im Rahmen des Projektes werden mögliche Ursachen für dieses Verhalten sowie Strategien zur Stabilisierung untersucht.

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Kooperationen: IIT Madras (Indien), Prof. Pushpavanam, Purdue University/USA, Prof. Ramkrishna

Förderer: Haushalt; 01.05.2006 - 30.04.2010

Nichtlineare Dynamik von Bioreaktoren

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

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: 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. ... [mehr](#)

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Kooperationen: IIT Madras (Indien), Prof. Pushpavanam

Förderer: Haushalt; 01.01.2006 - 31.12.2007

Nichtlineare Dynamik von Reaktor-Separator Netzwerken

Chemische Produktionsanlagen bestehen im wesentlichen aus Reaktions- und Stofftrennprozessen. Typischerweise wird nur ein Teil der zugeführten Ausgangsstoffe in der Reaktionsstufe in Produkte umgesetzt. Unverbrauchte Ausgangsstoffe werden in nachgeschalteten Stofftrennprozessen von den Reaktionsprodukten abgetrennt und in den Reaktor rezykliert. Eine solche Rückführung ist sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht erforderlich. Im Rahmen des Vorhabens wird das nichtlineare Verhalten solcher gekoppelten Reaktor-Separator Netzwerke untersucht werden. Während sich frühere Untersuchungen auf das Verhalten der einzelnen Prozessstufen beschränken, steht hier der Einfluss der Kopplung zwischen unterschiedlichen nichtlinearen Prozessstufen im Mittelpunkt des Interesses. Die Untersuchungen leisten somit einen Beitrag zum besseren

Verständnis von gekoppelten Prozessstufen mit Rückführungen und bilden damit eine wichtige Grundlage für zukünftige Arbeiten zur besseren Prozessgestaltung und Prozessführung von chemischen Produktionsanlagen.

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle
Kooperationen: Basell Polyolefine GmbH-Ludwigshafen-Germany
Förderer: Haushalt; 15.10.2003 - 31.10.2007

Optimierte Prozessführung bei der LDPE Polymerisation

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der dynamischen Modellierung und der Entwicklung neuer Prozessführungsstrategien für einen Prozess zur Herstellung von Hochdruck-Polyethylen mit niedriger Dichte (LDPE-low density polyethylene) in einem Rohrreaktor.

Der Reaktor wird bei sehr hohen Drücken von 1000-3500 atm betrieben und ist sehr lang. Typische Längen liegen im Bereich 500-2500 m. Die Polymerisation ist stark exotherm. Im Einzelnen werden derzeit folgende Fragestellungen untersucht: mathematische Modellierung des Reaktors inklusive Anlagenperipherie, effiziente dynamische Computersimulation des resultierenden hochdimensionalen Modellgleichungssystems, Analyse von Stabilität und Eindeutigkeit stationärer Betriebszustände sowie effiziente Durchführung von Spezifikations- und Produktwechseln.

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle
Kooperationen: MPI Magdeburg, Prof. Reichel, Prof. Reichel, OvG-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Bioprozesstechnik und Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2005 - 31.12.2008

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 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. Experimentelle Untersuchungen zur Validierung der entwickelten mathematischen Modelle werden in der Gruppe von Prof. Reichl durchgeführt.

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 unregelt 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
Förderer: Haushalt; 01.07.2006 - 31.07.2007

Regelung von Kristallisationsprozessen

Die Kristallisation ist ein in der Verfahrenstechnik weit verbreiteter Prozess zur Herstellung kristalliner Feststoffe und deren Aufreinigung. Aufgrund der komplexen Anlagenstruktur, die sich zum Beispiel aus der Benutzung einer zusätzlichen Feinkornauflösung ergibt, kann der Prozess unter gewissen Bedingungen instabil werden. Zur Stabilisierung, Verbesserung der Produkteigenschaften und Reduzierung der Empfindlichkeit gegenüber Störungen bietet sich die Verwendung einer Regelung an. Ziel des Projektes ist dabei der Entwurf und die experimentelle Verifikation eines geeigneten Reglers. Zur Anwendung sollen hierbei insbesondere modellgestützte Verfahren der Regelungstechnik kommen.

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Förderer: Haushalt; 01.04.2006 - 31.03.2009

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 von Regelungsstrategien gelöst werden. Durch den Einsatz von Regelungen während des Anfahrprozesses ergeben sich einige Vorteile gegenüber konventionellen Methoden, wie zum Beispiel stationäre Genauigkeit, Erhöhung der Betriebssicherheit sowie Unempfindlichkeit gegenüber Störeinflüssen.

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Kooperationen: TU Donezk, Prof. Svjatnyj

Förderer: Sonstige; 01.10.2005 - 31.10.2007

Simulationsumgebung ProMoT / DIANA

Es wird eine Modellierungs- und Simulationsumgebung für verfahrenstechnische Prozessmodelle hoher Ordnung entwickelt. Das Programmsystem besteht aus dem Modellierungswerkzeug ProMoT und dem Simulator DIANA. ProMoT erlaubt die objektorientierte symbolische Formulierung der Modellgleichungen in graphischer Form oder mit Hilfe der Modellierungssprache MDL. ProMoT verarbeitet die symbolische Modellinformation zu Simulationscode für den Simulator DIANA. Die Modelle werden in C++ implementiert, wobei die standardisierte Schnittstelle CAPE-ESO genutzt wird. In DIANA stehen numerische Methoden zur dynamischen Simulation, nichtlinearen Analyse und Optimierung der Modelle zur Verfügung. Derzeit werden zum Einen die Optimierungsmethoden verbessert und weiterentwickelt. Es werden deterministische gradientenbasierte Optimierungsverfahren und genetische Algorithmen implementiert. ... [mehr](#)

Projektleiter: Prof. Dr. Achim Kienle

Kooperationen: IIR Bombay/Indien, Prof. Mahjani, Mitglieder der DFG-Forschergruppe 468

Förderer: DFG; 01.01.2004 - 31.01.2008

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

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2005 - 31.12.2008

Untersuchung von gekoppelten Transport- und Reaktionsprozessen in Mikrokanälen

Miniatürisierte 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 geeignete mathematische Modelle entwickelt und anhand von Messdaten validiert.

5. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Flockerzi, D. ; Bohmann, A. ; Kienle, Achim

On the existence and computation of reaction invariants

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 62.2007, 17, S. 4811-4816; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.629]

Gangadwala, J. ; Radulescu, G. ; Kienle, Achim; Sundmacher, Kai

Computer aided design of reactive distillation processes for the treatment of waste waters polluted with acetic acid

In: Computers & chemical engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 31.2007, 11, S. 1535-1547; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.404]

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. 32.2007, 1/2, S. 343-355; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.404]

Gangadwala, Jignesh; Kienle, Achim

MINLP optimization of butyl acetate synthesis

In: Chemical engineering and processing. - Lausanne: Elsevier, Bd. 46.2007, 2, S. 107-118; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.159]

Kaspereit, Malte; Seidel-Morgenstern, Andreas; Kienle, Achim

Design of simulated moving bed processes under reduced purity requirements

In: Journal of chromatography. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 1162.2007, 1, S. 2-13; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 3.554]

Klose, Frank; Wolff, Tanja; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas; Suchorski, Yuri; Piorkowska, Monika; Weiß, Helmut

Active species on G-alumina-supported vanadia catalysts - nature and reducibility

In: Journal of catalysis. - San Diego, Calif. : Elsevier, Bd. 247.2007, 2, S. 176-193; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 4.780]

Krasnyk, M. ; Ginkel, M. ; Mangold, M. ; Kienle, Achim

Numerical analysis of higher order singularities in chemical process models

In: Computers & chemical engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 31.2007, 9, S. 1100-1110; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.404]

Kulkarni, Amol A. ; Zeyer, Klaus-Peter; Jacobs, Thomas; Kienle, Achim

Miniaturized systems for homogeneously and heterogeneously catalyzed liquid-phase esterification reaction

In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 46.2007, 16, S. 5271-5277; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.518]

Radulescu, Gabriel; Paraschiv, Nicolae; Kienle, Achim

An original approach for the dynamic simulation of a crude oil distillation plant - 2. setting-up and testing the simulator
In: Revista de chimie. - Bucuresti, Bd. 58.2007, 3, S. 349-354
[Imp.fact.: 0.287]

Sainio, T. ; Kaspereit, M. ; Kienle, Achim; Seidel-Morgenstern, Andreas

Thermal effects in reactive liquid chromatography
In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 62.2007, 18/20, S. 5674-5681; [Link unter URL](#)
[Imp.fact.: 1.629]

Zeyer, K.-P. ; Kulkarni, A. A. ; Kienle, Achim; Kumar, M. Vasudeva; Pushpavanam, S.

Nonlinear behavior of reactor-separator networks - influence of the energy balance formulation
In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 46.2007, 4, S. 1197-1207; [Link unter URL](#)
[Imp.fact.: 1.518]

Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen

Jacobs, Thomas; Gomide, Andreza; Kähne, Thilo; Kienle, Achim; Naumann, Michael; Hauptmann, Peter
Micro fluidic biosensor system based on quartz crystal resonators for fast online adherent cell proliferation and stimulation analysis
In: IEEE sensors 2007 conference, S. 720-723

Herausgeberschaften

Sundmacher, Kai; Kienle, Achim; Pesch, Hans J. ; Berndt, Joachim F. ; Huppmann, Gerhard
Molten carbonate fuel cells - modeling, analysis, simulation and control. - [Link unter URL](#); Weinheim: WILEY-VCH; XVI, 243 S.: Ill., graph. Darst.; 240 mm x 170 mm, 2007

Buchbeiträge

Gangadwala, Jignesh; Radulescu, Gabriel; Paraschiv, Nicolae; Kienle, Achim; Sundmacher, Kai
Dynamics of reactive distillation processes with potential liquid phase splitting
In: European Symposium on Computer Aided Process Engineering <17, 2007, Bucuresti>: 17th European Symposium on Computer-Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, S. 213-218; Computer-aided chemical engineering; 24

Grötsch, Markus; Mangold, Michael; Sheng, Ming; Kienle, Achim

Model reduction and state estimation
In: Molten carbonate fuel cells. - Weinheim: WILEY-VCH, S. 185-199, 2007

Jacobs, T. ; Gomide, A. ; Kaspereit, M. ; Zeyer, K.-P. ; Kienle, Achim; Hauptmann, Peter

In-line analysis of chemical reactions in micro reactors using thermal mass flow sensors
In: EUROCON 2007. - Piscataway NJ: IEEE Operations Center, S. 571

Krasnyk, Michael; Mangold, Michael; Kienle, Achim; Sundmacher, Kai

Hot spot formation and steady state multiplicities
In: Molten carbonate fuel cells. - Weinheim: WILEY-VCH, S. 141-162, 2007

Mühlhause, Mathias; Diedrich, Christian; Riedl, Matthias; Schmidt, Daniel

Formalised specification of a test tool for safety related communication
In: ETFA 2007, insges. 8 S.

Sommer, Steffen; Raisch, Jörg; Sundmacher, Kai

Start-up of empty cold reactive distillation columns by means of feedback control strategies - the discontinuous stage
In: Conference CD // European Congress of Chemical Engineering - 6. - Lyngby: Techn. Univ. of Denmark, Dep. of Chemical Engineering, insges. 21 S., 2007

Zeyer, Klaus-Peter; Kulkarni, Amol A. ; Kienle, Achim; Mantravadi, Vasudeva Kumar; Subramanian, Pushpavanam

Nonlinear behavior of reactor-separator and reactor-distillation networks - influence of the energy balance formulation
In: European Symposium on Computer Aided Process Engineering <17, 2007, Bucuresti>: 17th European Symposium on Computer-Aided Process Engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, S. 425-430; Computer-aided chemical engineering; 24

Dissertationen

Schmidt, Christoph

Durchgängiger Entstehungsprozess einer individuellen Fahrzeugprüfung mit formalisierten Modellen und Methoden.
- Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diss., 2007; Göttingen: Sierke Verl.; XII, 203 S.: graph. Darst.