

INSTITUT FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 18402, Fax +49 (0)391 67 11209
udo.reichl@vst.uni-magdeburg.de

1. Leitung

Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl (geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Seidel-Morgenstern
Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Tomas
Jun.-Prof. Dr. Thomas Metzger
Jun.-Prof. Dr. Mirko Peglow
Jun.-Prof. Dr. Ulrike Krewer
Dr.-Ing. Christof Hamel
Dipl.-Phys. Diethard Kürschner

2. Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl
Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Seidel-Morgenstern
Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Tomas
Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Jun.-Prof. Dr. Thomas Metzger
Jun.-Prof. Dr. Mirko Peglow
Jun.-Prof. Dr. Ulrike Krewer

3. Forschungsprofil

1. Bioprozesstechnik (Prof. Dr.-Ing. U. Reichl)

- Fermentationstechnik
- Säugerzellen, Hefen, Bakterien
- Aufarbeitungstechnik
- Modellierung, Simulation und Optimierung von Bioprocessen
- Prozessüberwachung und -regelung

2. Chemische Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. A. Seidel-Morgenstern)

- Untersuchung heterogen katalysierter Reaktionen

- Chromatographische Trennverfahren und Reaktionstechnik
- Kopplung von Reaktion und Stofftrennung
- Membranreaktoren
- Enantiomerentrennung

3. Systemverfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. K. Sundmacher, Jun.-Prof. U. Krewer)

- Multifunktionale Systeme
- Brennstoffzellensysteme
- Eigenschaftsverteilte Systeme
- Modellierung, Simulation und Analyse komplexer Prozesssysteme
- Modellierung biologischer Systeme

4. Mechanische Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. J. Tomas)

- Energetisch effiziente, mechanische Verfahren der Wandlung disperser Feststoffe
 - Herstellung, Produktgestaltung & Produktformulierung ultrafeiner bis nanoskaliger Partikelsysteme
 - Grundlagen der Partikelmechanik und Schüttguttechnik
 - Grundlagen, Mikroprozesse und Prozessauslegung der Zerkleinerung, Fällung, Partikelreinigung (Sortierung, Klassierung), Pressfiltration
 - Multiskalige Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Prozesse und Prozessgruppen
 - Auslegung energetisch effizienter und ökologisch verträglicher Prozesse & Maschinen, Prozessgruppen und Verfahren (Anlagen) der Partikeltechnik
- Verfahrenstechnik komplexer Stoffkreisläufe (Werk- und Wertstoffrecycling)
 - Aufbereitungsprozesse fester Abfälle (Aufschlusszerkleinerung und Wertstoffabtrennung)
 - Abwasserreinigung (Schlammwässerung & Klärschlammverwertung)
 - Baustoffrecycling
 - Entwicklung energetisch und ökonomisch effizienter Stoffrecyclingverfahren einschließlich Gestaltung und Formulierung hochwertiger Recyclingprodukte

5. Thermische Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. E. Tsotsas, Jun.-Prof. T. Metzger, Jun.-Prof. M. Peglow)

Am Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik und der angegliederten Nachwuchsforschungsgruppe NaWiTec werden die Grundlagen der Stoff- und Wärmeübertragung in Partikelsystemen und porösen Stoffen untersucht. Hierzu zählen Wirbelschichten, mechanisch durchmischte Schüttungen, Festbetten, Agglomerate und Membranen. Anwendungsgebiete sind Trocknung und Partikelformulierung (Agglomeration, Granulation, Coating) für die Feinchemie, Pharma- und Lebensmittelindustrie, Reaktions- und Trenntechnik, Energieerzeugung aus biogenen Feststoffen und Speichermedien für die Energietechnik.

In der Theorie werden moderne Simulationsmethoden wie Porennetzwerke, Populationsbilanzen, diskrete Elemente (insbesondere thermische DEM) und diskrete Monte-Carlo eingesetzt und entwickelt. Apparativ stehen unter anderem ein großes Wirbelschichttechnikum sowie diverse Methoden der Charakterisierung von Feststoffen (z.B. Röntgen-Mikrotomographie, NMR) und Partikelsystemen (z.B. PIV) zur Verfügung.

Folgende Themen werden schwerpunktmäßig untersucht:

- Untersuchung der partikelbildenden Wirbelschichtprozesse im Bereich der Agglomeration, Granulation und Coating
- Partikelcharakterisierung wie z.B. mittels Mikro-Röntgentomographie (innere Struktur), Rasterelektronenmikroskopie (Topologie), Magnetschwebewaage (Sorptions- und Trocknungsverhalten)
- Messung und Simulation von Partikelströmungen in Wirbelschichten
- Inline-Messung von Partikeleigenschaften wie z.B. Feuchtigkeit und Größenverteilung in Wirbelschichten
- Durchführung von Machbarkeitsstudien
- Populationsdynamische Modellierung disperser Systeme insbesondere von Wirbelschichtprozessen
- Untersuchung und Modellierung der Vergasung und Verbrennung biogener Brennstoffe in Wirbelschichten
- Entwicklung von verfahrenstechnischen Konzepten
- Porennetzwerk-Modelle
- Thermische Diskrete-Elemente-Methode
- Poröse bzw. granulare Medien für Reaktion oder Trennung
- Trocknungstechnik

4. Forschungsprojekte

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Andreas Seidel-Morgenstern

Förderer: DFG; 01.07.2008 - 30.06.2012

Integration gen- und verfahrenstechnischer Methoden zur Entwicklung biotechnologischer Prozesse

Im Rahmen dieses Projektes wird die Modellierung chromatographischer Prozesse untersucht. Es handelt sich um ein externes Teilprojekt des SFB 578 der TU Braunschweig. Schwerpunkt ist gegenwärtig die Optimierung der kontinuierlichen Gegenstromchromatographie zur Aufreinigung eines Knochenwachstumsfaktors. Ausserdem soll die chromatographische Isolation von Antikörpern erforscht werden.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Hannsjörg Freund, Dipl.-Ing. Benjamin Hentschel

Kooperationen: TU Berlin, TU Dortmund

Förderer: DFG; 01.01.2010 - 31.12.2013

SFB/TR 63: Integrierte chemische Prozesse in flüssigen Mehrphasensystemen - TP B1: Optimale Reaktionsführung in flüssigen Mehrphasensystemen

Das Teilprojekt B1 hat zum Ziel, Methoden zur Ermittlung der optimalen Reaktionsführung für flüssige Mehrphasensysteme zu entwickeln und exemplarisch auf die Hydroformylierung langkettiger Alkene anzuwenden. Dabei übernimmt es drei wichtige Funktionen innerhalb des SFB/TR. Erstens wird eine Methodik für die optimale Reaktionsführung und die ideale Reaktorgestaltung als generische Fragestellung entwickelt. Zweitens werden konkrete Reaktorkonzepte für die im SFB/TR behandelten Stoffsysteme entworfen. Drittens übernimmt B1 eine wichtige Brückenfunktion für den SFB/TR, indem es alle drei Projektbereiche miteinander verknüpft.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Kooperationen: Max-Planck-Institut Mülheim (Prof. Bönnemann), UCTM Sofia (Prof. Christov), Universität Belgrad (Prof. Petkovska)

Förderer: Haushalt; 01.03.2006 - 28.02.2011

Analyse der Kinetik einer DMFC-Elektrode

Die Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) gehört zum Typus der Direkt-Brennstoffzellen, bei der organischer Brennstoff (Methanol) direkt verbrannt wird, ohne dass das Methanol vorher in Wasserstoff umgewandelt wird. Diese Verfahrensweise besitzt viele Vorteile gegenüber der Nutzung von Wasserstoffgas als Brennstoff. Allerdings ergeben sich auch große kinetische Limitierungen für den DMFC-Betrieb, aufgrund der höheren Komplexität der Methanolmoleküle und der sich daraus ergebenden komplexeren Kinetik der Oxidation. Das Hauptziel dieses Projektes ist die Bestimmung der Kinetik für die Methanoloxidation in einer DMFC durch die kombinierte Anwendung

experimenteller und modellbasierter Ansätze. In einem ersten Schritt wurden verschiedene Modellbeschreibungen für die elektrochemische Oxidation von Methanol formuliert. Für die experimentellen Untersuchungen wird eine speziell entworfene elektrochemische Brennstoffzelle benutzt, die es erlaubt, kinetische Studien unter technisch relevanten Bedingungen durchzuführen. Welches der konkurrierenden Modelle am geeignetsten ist, wird mit Hilfe von nichtlinearer Systemanalyse entschieden, da elektrochemische Standardmethoden sich als zu unempfindlich bei der Auswahl erwiesen haben. Als eine der nichtlinearen Analysemethoden kommt die Nichtlineare-Frequenzganganalyse (NFRA) zum Einsatz. Diese basiert auf der Anregung des Systems durch ein harmonisches Eingangssignal großer Amplitude. Diese Methode wurde ursprünglich für die Untersuchung von nichtlinearen Schaltkreisen entwickelt und wird neuerdings auch erfolgreich in der chemischen Verfahrenstechnik eingesetzt. Ein großer Vorteil dieser Methode liegt darin, dass man einen Satz von Frequenzgangfunktionen (FRF) erhält, die jeweils verschiedene Informationen über die Eigenschaften des Systems enthalten. Deshalb können die FRF zweiter oder höherer Ordnung dazu benutzt werden, die Modelle besser zu beurteilen und Systemparameter abzuschätzen. Es wird erwartet, dass diese Methode, im Vergleich zu den etablierten Methoden der Elektrochemie, zusätzliche Informationen über das Systemverhalten liefert.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Kooperationen: Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg (Prof. Reichl),
Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz (Prof. Dr. Hans-Jürgen Butt), Universität
Magdeburg (Prof. Naumann)

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.01.2007 - 31.12.2010

Analyse interagierender Populationen in Transfektionsprozessen

Systeme mit interagierenden Partikelpopulationen treten in vielfältiger Form in biologischen und technischen Prozessen auf. Sie sind gekennzeichnet durch eine direkte Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen eigenschaftsverteilten Populationen. Ein interessantes Beispiel aus dem Bereich der Zellbiologie ist die Transfektion, d.h. die Übertragung fremder DNA oder Proteine in Zellen hinein. Bei der Transfektion treten mit Wirkstoff (DNA, Proteine, chemische Substanzen) beschichtete Trägerpartikel in Wechselwirkung mit der Zellmembran und werden in die Zellen aufgenommen. Der transmembrane Übertragungsmechanismus und die Zustände der beiden interagierenden Populationen (Partikel und Zellen) beeinflussen in entscheidendem Maße die Transfektionsdynamik. Aufgrund der Komplexität des Transfektionsvorganges wird zunächst nur das Aggregationsverhalten von Partikeln an Zellmembranen untersucht und durch geeignete Experimente zwischen unterschiedlichen Partikelpopulationen nachgestellt. Zentrale Ziele des Projekts sind die modellgestützte Analyse der Populationsdynamik von interagierenden Populationen sowie die quantitative Bestimmung der Modellparameter aus Experimenten. Das langfristige Ziel ist die Gewinnung eines grundlegenden Verständnisses über die Aggregationsdynamik, welches eine wichtige Grundlage zur Optimierung des Drug-Targeting Prozesses durch ein verbessertes Partikeldesign darstellt. Der Interdisziplinarität des Forschungsvorhabens wird mit der Kooperation der Gruppen von Prof. Dr. Sundmacher (Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik), die über umfangreiche Vorarbeiten und Erfahrungen im Bereich der experimentellen und modellgestützten Analyse nanoskaliger Partikelsysteme verfügt, und Prof. Dr. Naumann (Institut für Experimentelle Innere Medizin) mit umfangreichen Versuchseinrichtungen zur Durchführung der geplanten Transfektionsexperimente an eukaryotischen Zellen begegnet.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Förderer: Haushalt; 01.07.2005 - 31.01.2010

Bulkfällung von Bariumsulfat in einem semi-batch Rührkessel

In einem Rührkessel wird in semi-batch Fahrweise Bariumsulfat aus Bariumchlorid und Kaliumsulfat gefällt. Ziel der Arbeit ist es, die Partikeleigenschaften Morphologie, mittlerer Durchmesser und Partikelgrößenverteilung (PSD) der entstehenden Partikel in Abhängigkeit der Fällungsbedingungen zu ermitteln. Die Morphologie der Partikel wird mit Hilfe von REM-Aufnahmen ausgewertet. Die untersuchten Einflussgrößen sind Übersättigung, Verhältnis der Ionen und die Feedgeschwindigkeit. Für bestimmte Übersättigungsbereiche wurden komplexe Formen wie Dendrite beobachtet. Um diese Formen zu modellieren, muss ein Ansatz der sog. Molecular Modeling gewählt werden, z.B. Monte Carlo Simulationen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Projektbearbeiter: Isai Gonzalez Martinez

Förderer: DFG; 01.01.2010 - 31.12.2012

Elektrolyse von Chlor-wasserstoff in einem Polymerelektrolyt-Membranreaktor mit Sauerstoffverzehrkatode

Die Chlorchemie ist einer der wichtigsten Eckpfeiler der Stoffwirtschaft in der chemischen Industrie. Etwa 60 Prozent des Umsatzes, den die deutsche Chemieindustrie erwirtschaftet, hängen direkt oder indirekt von chlorchemischen Verfahren ab. Chlor ist ein wichtiger Baustein für viele Produkte im Produktionsprozess. Das gilt für Grundchemikalien genauso wie für hoch veredelte Produkte, auf die man zum Beispiel in der Informationstechnik oder der Medizin angewiesen ist.

Chlor wird industriell überwiegend durch die Chlor-Alkali-Elektrolyse hergestellt. Ein kleiner, aber stetig wachsender Anteil der Chlorproduktion basiert auf Chlorwasserstoff, welcher bei einigen Produktionsverfahren als Nebenprodukt entsteht. In Rahmen des Projekts wird ein neuer energiesparenderer Prozess für die Rückgewinnung von Chlor aus Chlorwasserstoff erarbeitet. Hierbei sollen experimentelle und modellgestützte Untersuchungsmethoden eng miteinander verzahnt werden. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei dem Einfluss der Kinetik der elektrochemischen Reaktionen an Anode und Kathode sowie den Transportprozessen in der Membran geschenkt.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Förderer: Sonstige; 01.10.2007 - 30.09.2010

Experimentelle und theoretische Untersuchungen der Trennleistung einer neuartigen modularen Mikrodestillationsanlage

Für viele Produktionsprozesse bietet die Mikroverfahrenstechnik neue kostengünstige, energie-effiziente und vor allem sichere Synthesewege. Hierbei sind insbesondere für eine effiziente Bioenergieerzeugung und in der Pharmaindustrie relevante Beiträge zu erwarten.

Grundlegende Bausteine wie Mikroreaktoren, Mikromischer, Mikrowärmetauscher wurden als brauchbar erwiesen und sind bereits auf dem Markt vorhanden. Hingegen besteht bei der Entwicklung von Mikrotrennverfahren (Destillation, Extraktion) noch Forschungsbedarf.

Im Rahmen dieser Arbeit werden experimentelle und theoretische Untersuchungen durchgeführt, um die Trennleistung einer neuartigen modularen membrangestützten Mikrodestillationsanlage zu bewerten. Das Prinzip der entworfenen und aufgebauten Vorrichtung beruht auf die Überlagerung zweier Konzepten: die flüssigen und gasförmigen Phasen werden in getrennten Mikrokanälen geführt und über eine poröse hydrophobe bzw. oleophobe Membran verbunden. Der Stofftransport erfolgt somit nach dem Membrandestillationskonzept.

Erster Schwerpunkt dieser Arbeit ist die experimentelle Untersuchung des Einflusses sowohl der Betriebsparameter als auch der Membraneigenschaften auf die Leistung der Mikrodestillationsanlage hinsichtlich der Permeabilität und Selektivität der Membran. Des Weiteren soll der entsprechende Betriebsbereich (Belastungsbereich) identifiziert werden.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit besteht darin, ein detailliertes Transportmodell zu formulieren und die an den Stofftransportvorgängen beteiligten Transportmechanismen herauszufinden. Hierzu werden zunächst experimentelle Messungen für reine Komponenten-Systeme (Methanol / Stickstoff, Wasser / Stickstoff) durchgeführt. Ausgehend davon werden Ausgangswerte für Transportkoeffizienten ermittelt und im erstellten Transportmodell eingeführt. Anschließend werden experimentelle Ergebnisse für das Gemisch-System (Methanol-Wasser / Stickstoff) anhand des implementierten Modells erläutert um die relevanten Transportmechanismen zu identifizieren. Schließlich wird die Trennleistung der Mikrodestillationsanlage anhand des NTU-Konzepts bewertet.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Kooperationen: BASF SE, Fakultät für Mathematik (Prof. Dr. L. Tobiska), Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg (Dr. A. Kienle), Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig (Prof. Hackbusch), Universität Saarbrücken (Prof. John)

Förderer: Sonstige; 01.07.2007 - 30.06.2010

Gekoppelte Simulation von Partikelpopulationen in turbulenten Strömungen

Produktionsprozesse zur Erzeugung, Konditionierung und Weiterverarbeitung von partikelförmigen Feststoffen haben für die chemische und pharmazeutische Industrie eine herausragende wirtschaftliche Bedeutung. Hinsichtlich der

mathematischen Modellierung und Simulation existieren jedoch erhebliche Defizite. Das vorgelegte Projekt verfolgt das Ziel, neue Methoden zur Modellierung und Berechnung von chemischen Produktionsprozessen zu entwickeln, in denen eine Partikelpopulation auftritt, deren Zustand durch Eigenschaftsverteilungen als Funktion der Zeit, der Raumkoordinaten des Prozesses und den Eigenschaftskordinaten der Partikel charakterisiert ist. Das Verhalten derartiger Prozesse wird durch gekoppelte Systeme, bestehend aus der Populationsbilanz für die Partikel und den Bilanzgleichungen für Masse, Energie und Impuls der kontinuierlichen Phase, in welche die Partikel eingebettet sind, beschrieben. Die zu entwickelnden neuen mathematischen Lösungsmethoden sollen implementiert und zur Entwicklung eines effizienten und akkuraten Prototypen-Simulators für gekoppelte Populationsbilanzen in turbulenten Strömungsfeldern genutzt werden. Dieser Simulator soll zur Analyse und Führung eines konkreten industriellen Kristallisationsprozesses, der Gewinnung von hochreinem Harnstoff mittels Kühlungskristallisation, beim Industriepartner (BASF) eingesetzt werden.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Projektbearbeiter: Astrid Bornhoeft, Richard Hanke-Rauschenbach
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.11.2009 - 01.10.2012

Green-FC

Im Zuge des Projekts Green-FC werden der Einsatz von biogenen Energieträgern in Brennstoffzellen untersucht. Als eine der grundsätzlichen Herausforderungen in diesem Zusammenhang gilt die stoffliche und energetische Abstimmung der verfahrenstechnischen Prozesse zur Erzeugung und Reinigung des Brenngases und der elektrochemischen Stoffumsetzung in der Brennstoffzelle.

Um das Anlagenverhalten gezielt beeinflussen zu können, ist es nötig die einzelnen Teilsysteme im Zusammenhang zu betrachten. Im Rahmen dieses Projekts werden deshalb mathematische Modelle der einzelnen Apparate aufgestellt und analysiert. Daraus folgend werden Optimierungsvorschläge erarbeitet.

Das beschriebene Projekt ist Teil eines Verbundprojekts, in dem auch eine entsprechende Versuchsanlage entwickelt und realisiert wird. Die Erkenntnisse aus den Analysen der Modelle werden sowohl in die Auslegung der Apparate als auch in die Betriebsführung eingehen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Projektbearbeiter: Prof. Michael Naumann, Prof. Kai Sundmacher, PD Dr. Michael Mangold, Dr. Michael Wulkow
Kooperationen: Computing in Technology GmH, Dr. Michael Wulkow, Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg, Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg (Prof. Sundmacher), Universität Magdeburg (Prof. Naumann)
Förderer: Bund; 01.09.2009 - 01.08.2012

MODEXA: Modellgestützte Methoden zur optimalen Gestaltung von Stimulus-Experimenten und dynamischen Analyse von Signaltransduktionsprozessen

Das Projekt MODEXA wird im Detail die zelluläre NF- κ B Signaltransduktion nach DNA-Schädigung (z.B. UV-Licht oder chemische Noxen) experimentell und mit Hilfe von systemtheoretischen Methoden bearbeiten. Die NF- κ B Signaltransduktion spielt nicht nur bei Entzündungsprozessen, sondern auch bei Differenzierungsprozessen, z.B. Zellwachstum eine wichtige Rolle.

Faktoren des NF- κ B Systems sind u.a. auch Zielstrukturen für Medikamente in der Krebstherapie (z.B. Topoisomerase Inhibitoren). Die Untersuchung des dynamischen Antwortverhaltens der Zellen gegenüber unterschiedlichen Therapeutika erlaubt den Wissenschaftlern anschließend die Formulierung von Modellen, die die zellulären Signaltransduktionsprozesse mathematisch beschreiben.

Ziel ist es, ein Software-System (MODEXA-Toolbox) für die optimale Versuchsplanung und die optimale Gestaltung von Befragungssignalen zu entwickeln.

Außerdem soll diese Toolbox zuverlässig einsetzbar sein, um die umfangreichen Daten aus den biomedizinisch höchst aufwendigen Experimenten zu erfassen, für die systematische Modellierung der Signaltransduktion strukturiert aufzubereiten und im zyklischen Wechselspiel mit den Experimenten die Aufklärung der komplexen Signal-Netzwerke nachhaltig zu beschleunigen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Kooperationen: IFF (Dr. Thomas), Universität Belgrad (Prof. Petkovska), Universität Magdeburg (Prof. Lindemann, Prof. Styczynski)

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt/ohne Gutachtersystem); 01.12.2007 - 31.12.2010

Netzwerke elektrochemischer Wandler in der Energieerzeugung - NEWE

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Verknappung primärer Energieressourcen bedarf es in Zukunft großer ingenieurwissenschaftlicher Anstrengungen. Es gilt leistungsfähige Methoden und Werkzeuge für den zielgerichteten Entwurf effizienter und nachhaltiger Energiewandlungssysteme zu entwickeln. In diesen Systemen werden Brennstoffzellen als elektrochemische Wandlerkomponenten eine zentrale Rolle spielen. Sie erlauben eine ressourcenschonende Wandlung von chemisch gespeicherter Energie in elektrische Energie und erreichen dabei hohe thermodynamische Wirkungsgrade. In Kombination mit der energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen ist es möglich, ein hocheffizientes und nachhaltiges Elektroenergieerzeugungssystem zu schaffen. Zur Einbindung der Brennstoffzelle in das elektrische Netz, für die Überwachung und Sicherung der Netzqualität sowie für eine nachhaltige Brennstoffversorgung auf Basis nachwachsender Rohstoffe besteht enormes Forschungspotenzial.

Zur Untersuchung und zum Verständnis dieser Zusammenhänge wird seit Beginn des Jahres 2008 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg eine Nachwuchsforschergruppe mit Exzellenz-Mitteln des Landes Sachsen-Anhalt aufgebaut. Ziel der Arbeiten ist unter anderem die Formulierung von Modellen zur Beschreibung und Steuerung von elektrischen Netzen mit Brennstoffzellen im Verbund mit anderen dezentralen Elektrizitätserzeugern wie beispielsweise Windkraft- oder Photovoltaikanlagen. Zur Umsetzung dieses Vorhabens kooperieren die Fakultäten für Elektrotechnik und Informationstechnik, Verfahrens- und Systemtechnik und Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sowie das Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme (MPI) und das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Fabrikautomatisierung (IFF) eng miteinander. Forschungsstrategisches Ziel ist dabei die enge Verzahnung der Arbeiten der beteiligten Institutionen im Bereich der erneuerbaren Energien sowie die Bildung eines fakultätsübergreifenden Exzellenzschwerpunkts "Energieprozesstechnik".

Im Rahmen dieses Projektes werden zwei Teilprojekte am Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik bearbeitet.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Kooperationen: Lehrstuhl Elektrische Netze und Alternative Elektroenergiequellen, Prof. Dr.-Ing. habil. Zbigniew A. Styczynski, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Lehrstuhl für Leistungselektronik, Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Lindemann, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Förderer: EU; 01.09.2007 - 31.08.2011

Optimierung der Betriebsführung von Brennstoffzellen im Fahrzeug unter Verwendung permanenter Diagnose - COMO A3

Im Kfz-Bordnetz wird eine zunehmende Zahl elektrischer Verbraucher eingesetzt. Es muß mithin ein erhöhter Energiebedarf mit für sicherheitskritische Lasten hoher Zuverlässigkeit abgedeckt werden, was insbesondere bei verkürzter Betriebszeit des Verbrennungsmotors - z.B. durch verbrauchsmindernden Start-Stop-Betrieb - den Einsatz einer den herkömmlichen Generator ergänzenden Hilfsstromversorgung nahelegt. Hierzu bietet sich die Brennstoffzelle an. Ihr Fahrzeugeinsatz ist durch Lastzyklen gekennzeichnet, die im wesentlichen durch die Leistungsabgabe des Generators auf der einen sowie die Leistungsaufnahme durch die verschiedenen Lasten auf der anderen Seite bestimmt werden. Diese sind wiederum von Randbedingungen wie Fahrzyklen oder der Umgebung des Fahrzeugs - gekennzeichnet beispielsweise durch Beleuchtungsverhältnisse und Temperatur - abhängig. Es stellt sich daher die Aufgabe, einerseits den Brennstoffzellenstapel mit veränderlicher Leistung zu betreiben, andererseits nötigenfalls seine Betriebsdauer sowie die Amplitude und Veränderungsgeschwindigkeit der Leistungsschwankungen durch Einbeziehung zusätzlicher Energiespeicher zu begrenzen; als solche kommen neben der bereits im herkömmlichen Bordnetz vorhandenen Batterie auch Doppelschichtkondensatoren in Frage. Die Leistungsflüsse zwischen Generator und Brennstoffzelle, den Energiespeichern sowie den übrigen Teilen des Bordnetzes mit einer Vielzahl von Lasten können über leistungselektronische Stellglieder, die ohnehin zur Anpassung der Spannungs- bzw. Stromebenen erforderlich sind, geregelt werden. Ein übergeordnetes Lastmanagement übernimmt die Sollwertvorgabe. Durch das Zusammenspiel zu erstellender dynamischer Modelle können in einem Teil des Systems vorhandene Signale - beispielsweise bedingt durch eine von der Leistungselektronik als Störgröße erzeugte Stromwelligkeit - an anderer Stelle ausgewertet werden, was eine deutliche Vereinfachung der Sensorik in der Anwendung verspricht. Darüber hinaus bietet es sich an, Beobachter zu erstellen, die dem übergeordneten Lastmanagement regelungstechnisch

relevante, jedoch nicht unmittelbar zugängliche Größen zu ermitteln erlauben. Für die übergeordnete und die dezentrale Betriebsführung sollen darauf basierend geeignete Strategien erarbeitet und in einem Versuchsstand erprobt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen ohne erheblichen meßtechnischen Zusatzaufwand eine hinreichende Funktionalität des Gesamtsystems bei gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbesserter Lebensdauer sicherstellen. Im Rahmen des Teilprojektes "Load management of fuel cells as auxiliary power units" werden am Lehrstuhl der Entwurf, die Modellierung und Betriebsstrategien für die verfahrenstechnischen Komponenten erarbeitet.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher

Kooperationen: MTU Onsite Energy, Ottobrunn

Förderer: Industrie; 01.04.2008 - 31.03.2010

Weiterentwicklung und Anwendung eines MCFC-Stapelmodells

Hochtemperaturbrennstoffzellen wie die MCFC bieten die Möglichkeit der direkten internen Reformierung (kurz: DIR). Dabei wird der zur Erzeugung von elektrischem Strom benötigte Wasserstoff direkt im Anodenkanal der Brennstoffzelle aus kurzkettingen Kohlenwasserstoffen, meist Methan, gewonnen. Im Vergleich zur Herstellung von Wasserstoff außerhalb der Zelle, der bei Niedrigtemperaturzellen üblichen externen Reformierung (kurz: ER), ergeben sich mehrere Vorteile. Zum einen ist das DIR mit einer geringeren Anzahl von Apparaten zu realisieren, wodurch das System kleiner und tendenziell günstiger wird. Zum anderen sind die endothermen Reformierungsreaktionen und die exothermen elektrochemischen Reaktionen stofflich und energetisch gekoppelt. Dadurch werden nicht nur die Gleichgewichte beider Reaktionen in Richtung hoher Umsätze verschoben, sondern der Wärmebedarf der Reformingreaktion wird unmittelbar durch die sonst konvektiv abzuführende Reaktionswärme der elektrochemischen Reaktion gedeckt. Das im Rahmen des vorherigen Projektes "Modellierung und experimentelle Validierung einer Schmelzcarbonat-Brennstoffzelle (MCFC)" erstellte Modell eines symmetrischen MCFC-Stapelausschnitts besteht aus 4 Zellen sowie einer Reformierungseinheit (IIR). Die für das Modell benötigten Parameter werden unter Verwendung von Messdaten ermittelt bzw. aus detaillierten Modellen bestimmt. Insbesondere die Beschreibung der Reaktionskinetiken wird durch die Verwendung von experimentellen Ergebnissen überarbeitet. Anschließend werden Designparameter sowie die Eingangs-Parameter des Modells in Bezug auf den Wirkungsgrad optimiert.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Förderer: Industrie; 01.10.2009 - 30.09.2012

Deaktivierung von Inhaltsstoffen bei der Sprühtrocknung von Milchprodukten

Im Rahmen des Projektes wird die Deaktivierungskinetik von essentiellen Aminosäuren während der Sprühtrocknung untersucht. Dabei werden insbesondere Einflussparameter wie die Trocknungstemperatur und zeitliche Exposition untersucht. Zur Validierung der entwickelten Modelle werden auch experimentelle Untersuchungen am Einzeltropfen am akustischen Levitator durchgeführt.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Ulf Cunäus

Kooperationen: Glatt Ingenieurtechnik GmbH

Förderer: Bund; 01.08.2010 - 31.07.2011

Energetische Optimierung kontinuierlicher Wirbelschichtprozesse (Teilproject 8, WIGRATEC)

Formulierungsprozesse (Granulation, Coating, Agglomeration) in kontinuierlich betriebenen Sprühwirbelschichten sind energetisch aufwändig, weil das eingesprühte Lösungsmittel (meistens Wasser) zwecks Formulierung der festen Phase getrocknet werden muss. Der Energiebedarf lässt sich durch Wärmerückgewinnung stark reduzieren. Es ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich, die verschiedenen Möglichkeiten zur Gestaltung der Peripherie der Wirbelschicht zwecks Wärmerückgewinnung materiell bereit zu halten. Es ist daher Ziel des Projektes, eine reale Wirbelschichtanlage mit einer virtuellen Erfassung der Peripherie so zu kombinieren, dass energetisch optimierte Verfahren für verschiedene klimatische Bedingungen entwickelt und hinsichtlich der zu erwartenden Produktqualität (deren Modellierung schwierig ist) experimentell überprüft werden können.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: MSc Mubashir Hussain

Kooperationen: Jun.-Prof. Mirko Peglow, Prof. Gerald Warnecke

Förderer: DFG; 01.07.2010 - 30.06.2013

Herleitung von Agglomerationskernen aus diskreten oder Compartment Modellen für Sprühwirbelschichten

Die zeitliche Entwicklung der Partikelgrößenverteilung während der Agglomeration in Sprühwirbelschichten lässt sich auf makroskopischer Ebene mit Hilfe von Populationsbilanzen erfassen, für die schnelle und effiziente Löser existieren. Jedoch scheitert die Methode in der Praxis an Unkenntnis über die kinetischen Parameter des makroskopischen Ansatzes (Agglomerationskern). Daher ist es Ziel des Projektes, diskrete mikroskalige Modelle des Prozesses (Monte Carlo) zur Parametrisierung der Populationsbilanzen zu nutzen. Dies ist auch deswegen interessant, weil die mikroskaligen Modelle Größen (z.B. Oberflächenfeuchte) liefern, die messtechnisch kaum zugänglich sind. Ergänzend hierzu werden Kombinationen von Populationsbilanzen für unterschiedliche Bereiche der Wirbelschicht benutzt, um eine für die gesamte Wirbelschicht als gültig angenommene Populationsbilanz zu parametrisieren.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Ulf Cunäus

Förderer: DFG; 01.11.2006 - 31.03.2010

Modellierung der kontinuierlichen Wirbelschichttrocknung unter Anwendung von Populationsbilanzen

In diesem Projekt werden mit Hilfe von populationsdynamischen Ansätzen Feuchteverteilungen von dispersen Feststoffen in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichttrocknern beschrieben. Ziel dieser Untersuchungen ist es, den Einfluss der unterschiedlichen Verweilzeiten auf die Qualität der Produkte zu beschreiben.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: M.Sc. Korina Terrazas Velarde

Förderer: DAAD; 01.10.2006 - 30.09.2010

Untersuchung der Mikroprozesse bei der Wirbelschicht-Agglomeration

Die Partikelbildung bei der Wirbelschichtagglomeration stellt einen komplexen Vorgang dar, welcher von einer Vielzahl von Produkt- und Prozessparametern gesteuert und beeinflusst werden kann. Eine Möglichkeit der Modellierung der Partikelbildung in Wirbelschichten besteht in der Anwendung des Konzeptes der Populationsbilanzierung. Durch die Berücksichtigung signifikanter Mikroprozesse wie beispielsweise die Tropfenspreitung, das Trocknen von Tropfen und Flüssigkeitsbrücken, die Kollision von Partikeln kann die Partikelbildung unter Nutzung von Monte-Carlo-Simulationen direkt simuliert werden. Das Vorhaben fokussiert auf der Identifikation und der Beschreibung relevanter Mikroprozesse, deren Kopplung in einem populationsdynamischen Modell sowie der experimentellen Validierung der Ergebnisse.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Martina Naumann

Kooperationen: Prof. Irene Borde, Prof. Avi Levy, Dr. Maxim Mezhericher, Ben Gurion University of the Negev, Israel

Förderer: Sonstige; 01.01.2009 - 31.12.2011

Untersuchung des gekoppelten Wärme- und Stofftransports in Tropfen mit Mikro- und Nanopartikeln

Das Projekt beschäftigt sich mit der Trocknung einzelner Tropfen, welche Mikro- und Nanopartikel enthalten. Der gekoppelte Wärme- und Stofftransport in Tropfen reiner Flüssigkeit ist gut verstanden, während der Wärme- und Stofftransport in Tropfen, welche Mikro- und Nanopartikel enthalten, noch nicht sorgfältig untersucht ist. Es soll die Aggregation und Diffusion der Nanopartikeln innerhalb der Tropfen während des Trocknungsvorganges untersucht werden. Der Fokus liegt hierbei in der populationsdynamischen Untersuchung der Aggregation mit dem Ziel, die Struktur der getrockneten Partikeln vorherzusagen. Für die Lösung der Populationsbilanzen sollen eine numerische Methode genutzt werden. Neben der theoretischen Bedeutung, hat die Untersuchung dieser Transportvorgänge auch eine große praktische Bedeutung für Optimierung von Formulationsprozessen in der Industrie (z.B. Biotechnologie, Pharmazie etc.).

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: MSc Maryam Dadkhah

Förderer: DFG; 01.05.2010 - 30.04.2013

Untersuchung von Agglomeratstruktur und Tropfentrocknung bei der Sprühagglomeration in Wirbelschichten

Die Struktur von Agglomeraten, welche in Sprühwirbelschichten hergestellt werden, beeinflusst deren Gebrauchseigenschaften, z.B. ihre Rehydrierbarkeit. Die Trocknung der eingesprühten Tropfen auf der Partikeloberfläche kann für die Agglomerationskinetik maßgeblich sein. Strukturbildung und Trocknung sind Bestandteile moderner diskreter Methoden (Monte Carlo) zur Simulation der Agglomeration. Ziel des Projektes ist es, das Mikromodell zur Berechnung der Trocknung durch Berücksichtigung der thermischen Auswirkung des Substrats zu verbessern. Die Struktur realer Agglomerate wird mit Hilfe eines Röntgen-Mikrotomographen erfasst und mit Annahmen bzw. Voraussagen der Monte Carlo Simulation verglichen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Nicole Vorhauer

Kooperationen: Dr. Marc Prat (Directeur de Recherche), Toulouse, Jun.-Prof. Dr. Thomas Metzger

Förderer: Haushalt; 01.12.2007 - 30.11.2012

Vergleich von Porennetzwerkmodellen für die Trocknung mit Kontinuumsmodellen und Experimenten

Porennetzwerkmodelle zur Beschreibung der Trocknung sollen mit traditionellen Kontinuumsmodellen verglichen werden. Hierzu werden effektive Parameter des Stoff- und Wärmetransports für teilgesättigte Porennetzwerke berechnet, die dann in der Kontinuumsmodellierung benutzt werden. Der Vergleich soll auf unterschiedlichen Komplexitätsebenen erfolgen, was die Berücksichtigung der Transportphänomene betrifft. Zudem werden Experimente zur Validierung der Porennetzwerkmodelle vorbereitet und durchgeführt.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas

Projektbearbeiter: M.Sc. Vikranth K. Surasani

Förderer: Bund; 01.11.2008 - 31.03.2011

VIERforES - Energietechnik

Die Vision der European Technology Plattform "SmartGrid" und die Ziele der gegenwärtigen Forschungsprogramme verdeutlichen, dass sich die Stromversorgungsnetze und insbesondere die Verteilungsnetze verändern werden. Dies betrifft auch die Energiewandlungsanlagen in diesen Netzen. Dabei ist zu erwarten, dass die Verteilungsnetze nicht nur Aufgaben der Anlagenüberwachung, -steuerung und Versorgungsqualitätssicherung bewältigen, sondern auch für allgemeine Systemdienstleistungen zuständig sein werden. Dies macht eine zunehmende Überwachung von Qualitätsmerkmalen sowohl global (Netz) als auch lokal (Anlage) notwendig. Dabei müssen die Überwachungseinrichtungen als ein eingebettetes System zusammenarbeiten. Die sichere und zuverlässige Führung eines elektrischen Netzes mit dazugehörigen Energiewandlungsanlagen kann nur unter einer ständigen Beobachtung relevanter Parameter des Gesamtsystems gewährleistet werden. Diese Parameter müssen kontinuierlich gemessen, ausgewertet und geeignet visualisiert werden, um Aussagen zur Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Netzen und der darin eingebetteten Anlagen treffen zu können. Die Herausforderung für das Anwendungsgebiet Energietechnik ist es daher, Konzepte und Werkzeuge zu entwickeln und prototypisch umzusetzen. Mit ihnen soll unter den neuen Randbedingungen ein bestehendes elektrisches Netzwerk mit Energiewandlungsanlagen sicher weiter betrieben werden. Dies erfordert von der Netzüberwachung und von der Verfügbarkeit dezentraler Anlagen eine neue Überwachungsqualität. Gesamtziel dieses Teilprojektes ist es, durch Anwendung neuer, virtueller Technologien für die elektrischen Netze unterschiedlicher Spannungsebenen und Arten sowie für die in diese Netze eingebetteten dezentralen Energiewandlungsanlagen Überwachungs- und Leitsysteme zu schaffen.

Projektleiter: Prof. Dr. Udo Reichl

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. B. Heynisch

Förderer: Bund; 01.01.2007 - 31.12.2011

Dynamics of Influenza A Virus Replication in Epithelial Cells

Die in höheren Organismen anzutreffende angeborene Immunität stellt bei viraler Infektion eine erste wichtige Verteidigungslinie dar. Für eine effektive Immunabwehr bedarf es vielfältiger intra- und interzellulärer Signalübertragungsmechanismen. Hierbei können infizierte Zellen den kontrollierten Zelltod, auch Apoptose genannt, auslösen, um eine Virusvermehrung zu verhindern. Diese hochkomplexen Mechanismen sind auch in Zellkulturen vorzufinden, die zur Virusimpfstoffproduktion eingesetzt werden. Daher untersuchen wir am Lehrstuhl Bioprozesstechnik, welche der antiviralen Signalübertragungsmechanismen während der Impfstoffproduktion aktiviert werden. Das bessere Verständnis dieser im Bioprozess auftretenden antiviralen Signalwege und der Apoptose soll es

ermöglichen, über molekularbiologische Methoden die Impfstoffausbeute zu steigern.

Projektleiter: Prof. Dr. Udo Reichl

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. A. Lagoda

Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.06.2008 - 31.12.2011

Dynamische Systeme in Biologie / Medizin und Prozesstechnik

Mammalian cells are of increasing importance as host system for virus replication, e.g. in influenza vaccine production. Fundamental virological and cell biological research is focused on qualitative virus-host cell interactions. However, comparatively little is known about the quantitative aspects of virus replication and the correlated host cell response. In this project, progress of virus infection, extent of influenza virus-induced apoptosis, and impact of cultivation conditions on virus yields are being investigated by flow cytometry in cell cultures. Experimental data sets are used in several collaborations to establish mathematical models describing population dynamics at various levels of complexity.

Projektleiter: Prof. Dr. Udo Reichl

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. M. Meininger

Förderer: Bund; 01.10.2008 - 30.09.2011

Einsatz synthetischer Liganden zur Aufreinigung salinsäurehaltiger, rekombinanter humaner Proteine und Impfstoff-Antigene

Das Projekt hat zum Ziel die Stärkung des Produktionsstandortes in der Biotechnologie sowie die Entwicklung neuer Aufreinigungstechnologien. Unter anderem soll die Entwicklung hochaffiner sialinsäure-spezifischer Liganden zur Aufreinigung rhu-Proteine sowie die Entwicklung hochaffiner kontinuierlicher (SMB) und diskontinuierlicher Trennverfahren für virale Antigene und Inflenzaviren und der Ausbau von Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich "DSP biologischer und pharmazeutischer Wirkstoffe" erforscht und verbessert werden.

Projektleiter: Prof. Dr. Udo Reichl

Projektbearbeiter: Prof. U. Reichl

Förderer: Industrie; 01.08.2009 - 01.01.2011

Evaluierung neuer humaner Suspensionszelllinien für die Influenza Impfstoffherstellung

Neu entwickelte humane Suspensionszellen sollen überprüft werden, ob sie als Substrat zur Influenzavirus-Vermehrung dienen können. Dabei soll abgeschätzt werden, ob ein Impfstoff Herstellungsprozess analog zu bestehenden Zellkultur-Prozessen möglich wäre. Dazu wird die Vermehrung verschiedener Inflenzaviren unter unterschiedlichen Prozessbedingungen bis zu einem Produktionsmaßstab von 1 L im Bioreaktor getestet.

Projektleiter: Prof. Dr. Udo Reichl

Projektbearbeiter: Dr. D. Benndorf

Förderer: Bund; 01.01.2007 - 31.12.2011

FORSYS - Systemanalyse von Signal und Regulationsnetzwerken

Der interdisziplinäre Studiengang Biosystemtechnik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg vermittelt den Studenten Wissen aus den Bereichen Ingenieurwissenschaften, Systemwissenschaften, Biologie und Medizin. Diese Ausbildung im Bereich Systembiologie befähigt Absolventen insbesondere zum Umgang mit großen Mengen an biologischen Daten und ihrer Modellierung und eröffnet ihnen Tätigkeitsfelder in Forschung und Industrie.

Im Rahmen der Umstellung des Studienganges von Diplom auf Bachelor und Master soll die Qualität der Ausbildung durch das Angebot veränderter und neuer Lehrveranstaltungen erhöht werden. Das Projekt unterstützt besonders die Durchführung von Laborpraktika in den biologischen Fächern durch die Bereitstellung von Investitionsmitteln für die Ausstattung der Kursräume sowie durch die Finanzierung von Personal zur Durchführung der Kurse (zum Beispiel Mikrobiologie und Cell Culture Engineering).

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dr. rer. nat. Werner Hintz, Tel.: 0391-67-12295; Dipl.-Ing. Veselina Yordanova

Förderer: DAAD; 15.01.2008 - 14.01.2010

Fällung und chemische Desintegration von polydisperser Titan(IV)-oxid (DAAD SPP 1273 Kolloidverfahrenstechnik)

Gegenstand des Forschungsprojektes ist die reaktionskinetische Untersuchung und die technische Gestaltung eines Sol-Gel-Prozesses zur Herstellung von nanoskaligen Titan(IV)-oxid durch Fällung und anschließender chemischer Desintegration. Es sollen hierbei gezielt physikalisch-chemische Produkteigenschaften (Partikelgrößenverteilung, Stabilität gegen Agglomeration, Redispersierbarkeit) gesteuert werden.

Die Veränderung der Eigenschaften der Partikelsysteme bei der Desintegration bei gleichzeitiger chemischer (diffusions- und konvektionskontrollierter) bzw. mechanisch unterstützter chemischer Beanspruchung soll experimentell erfasst und modelliert werden. Um den Desintegrationsprozess mit Hilfe von Populationsbilanzen im Reaktionsraum zu beschreiben, sind hierbei die Partikelgrößenverteilungen selbst sowie die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Partikel, wie Oberflächenladung und Morphologie, zu berücksichtigen. Die theoretische Beschreibung und Modellbildung mit Hilfe von Populationsbilanzgleichungen erfolgt auf Grundlage der ablaufenden Mikroprozesse bei der Desintegration des Partikelsystems.

Zusätzlich besteht die Herausforderung darin, das erzeugte polydisperse Fällungsprodukt unmittelbar beim Fällungsprozess zu modifizieren. Titan(IV)-oxid zeichnet sich auf Grund seines hohen Brechungsindex und der damit verbundenen Hamaker-Konstante durch eine intensive Agglomerationsneigung infolge der van-der-Waals-Wechselwirkung aus. Die Oberfläche der Partikel muss stabilisiert werden, so dass eine Redispersierung der trockenen Pulver in Wasser auch nach langen Lagerzeiträumen ohne zu hohen Energieeintrag einfach zu bewerkstelligen ist.

Damit eröffnet sich zukünftig eine Möglichkeit der Optimierung der Prozessparameter und der verfahrenstechnischen Maßstabsübertragung. Hierzu müssen Problemstellungen u.a. der Kopplung der Populationsbilanz mit dem Strömungsverhalten des Fluids im Reaktionsraum, der Raum-Zeit-Ausbeuten, der Stabilisierung bei hohen Partikelkonzentrationen im Mittelpunkt stehen.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Peter Müller

Förderer: Haushalt; 13.01.2010 - 13.01.2013

Druck-, Stoß- und Bruchverhalten feuchter kugelförmiger Granulate

Gegenstand der Arbeit bilden die experimentelle Ermittlung und physikalisch begründete Beschreibung der Mikro-Makro-Wechselwirkungen feuchter Granulate bei Druck- und Stoßbeanspruchung. Mikromechanische Wechselwirkungen sind Mikrobruchprozesse sowie Mikro-eigenschaften der Primärpartikel und Flüssigkeitsbrücken. Makromechanische Wechselwirkungen kennzeichnen das Makroverhalten der feuchten Granulate bezüglich des Deformationsverhaltens, der Bruchvorgänge und der Energiedissipation im ganzen Granulat Korn. Die gewonnenen Daten werden mit der Diskrete-Elemente-Methode (DEM) in 3 Dimensionen simuliert.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Peter Müller

Förderer: DFG; 01.04.2006 - 13.01.2010

Simulation der Bruchdynamik feuchter Granulate

Gegenstand der Arbeit bilden die experimentelle Ermittlung und physikalisch begründete Beschreibung der Mikro-Makro-Wechselwirkungen feuchter Granulate unter Beanspruchung. Mikromechanische Wechselwirkungen sind Mikrobruchprozesse sowie Mikro-eigenschaften der Primärpartikel und Flüssigkeitsbrücken. Makromechanische Wechselwirkungen kennzeichnen das Makroverhalten der feuchten Granulate bezüglich des Deformationsverhaltens, der Bruchvorgänge und der Energiedissipation im ganzen Granulat Korn. Die gewonnenen Daten werden mit der Diskrete-Elemente-Methode (DEM) in 2 Dimensionen oder 3 Dimensionen simuliert.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dr. Aman

Förderer: DFG; 01.03.2007 - 30.11.2010

Die Lichtemission bei der Beanspruchung von Einzelpartikel und Partikelschichten

Die Reibungs- und Bruchprozessen sind wesentliche Prozesse, welche das Verhalten der Partikelschicht während einer Druckbeanspruchung bestimmen. In der Partikelmechanik besteht ein großer Bedarf diese Prozesse zeitsynchron zu verfolgen und einzeln zu analysieren. Gegenwärtig ist mit der meßtechnischen Charakterisierung der Mechanolumineszenz eine Methode verfügbar, mit deren Hilfe die Reibungskräfte und Brüche in Partikelschichten mit

einer erhöhten räumlichen und zeitlichen Auflösung dargestellt werden können. Dieser Methode liegen Leuchterscheinungen zugrunde, welche während der Reibung und während des Bruches von Partikeln entstehen. Dabei lassen sich die Leuchterscheinungen von Reibungs- und Bruchprozesse durch spektrale Wellenlängenbereiche und charakteristische Zeiten selektiv voneinander unterscheiden. Gegenstand des vorliegenden Projekts ist die Untersuchung der Lichtemissionen während der Partikelbeanspruchung mittels zeitlich hochauflösender optischer Spektroskopie. Aufgrund dieser Untersuchung wird eine neue Methode zur Ermittlung der Reibungs- und Bruchprozesse in einer Partikelschicht entwickelt. Zuerst werden die Leuchterscheinungen beim Bruch von einzelnen Partikeln analysiert. Charakteristische spektrale Wellenlängenbereiche und Zeitintervallen von Bruchprozessen werden bestimmt. Als nächster Schritt wird die Untersuchung von Lichtemission bei der Beanspruchung von Partikelschichten durchgeführt. Die Reibungseffekte, die dabei auftreten, werden als eine weitere Herausforderung und als Schwerpunkt der Untersuchungen betrachtet. Mit Hilfe der ermittelten Lichtemissionseigenschaften lassen sich die Reibungs- und Brucheffekte voneinander trennen und separat erschließen.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Förderer: DFG; 01.12.2010 - 30.11.2012

Die Radio- und die Lichtwellenemission während der Kontaktdeformation und während des Partikelbruches

Das Ziel des Projektes besteht darin, die Radio- und Lichtimpulse, welche während der Kontaktbeanspruchung von Partikeln entstehen, zu erfassen und diese bei der Beschreibung der Mikromechanik des Partikelkontaktverhaltens anzuwenden. Die Mikromechanik ist in einer Beziehung zu erfassen, welche die Ursache (Kraft, Energieeintrag), Wirkung (Spannungen, Mikrorisse, Mikrobrüche) und Antwort (Licht- und Radiowellenemission) beinhaltet. Dabei sollen die entstehenden Radio- und Lichtwellen zu den wesentlichen Mikroprozessen an der Kontakt- und Bruchoberfläche der Partikel zugeordnet werden. Die entstehenden Spannungen, Mikrorisse und Mikrobrüche in den Partikeln können während der Kontaktkompression mit einer erhöhten zeitlichen Auflösung verfolgt und dargestellt werden. Für diese Kontaktkompression werden die Kraft-Weg-Kurven der Belastung, Entlastung, Wiederbelastung und Kontaktablösung zeitsynchron mit den Radiowellen und der Lichtstrahlung erfasst und analysiert. Die Kinetik der Mikroprozesse, welche durch die Radiowellen und Lichtemission bei der inelastischen Kontaktverformung erfasst werden, wird durch numerische Rechnungen überprüft. Diese numerischen Rechnungen werden mit Verwendung des Kontaktmodells steife Partikel mit weichen Kontakten, welche vom Kooperationspartner entwickelt wurde, durchgeführt. Dabei lassen sich die Mess- und Modellierungsergebnisse gegenseitig ergänzen und bewerten. Die Korrelation zwischen dem Verlauf der Lichtimpulse und den Mikroprozessen in der Partikelschicht wurde vom Antragsteller untersucht und bewertet. Leider ist die Erfassung der Mikroprozesse mit Hilfe der Lichtemission nur für optisch transparente Partikelschichten anwendbar. In diesem Zusammenhang besteht ein großer Bedarf darin, die Anwendungsbereiche der entwickelten Methode auf dicke und optisch nicht transparente Partikelschichten zu erweitern. Im Unterschied zu den Lichtimpulsen lassen sich die Radioimpulse durch optisch nicht transparente Partikelschichten durchleiten und können so zur Ermittlung der Mikroprozesse in dickeren Partikelschichten verwendet werden. Die entstehende Lichtemission ist als Referenzsignal mit einer hohen Zeitauflösung zu betrachten. Radiowellenimpulse werden zeitsynchron mit Lichtemission gemessen. Dabei werden den Radiowellenimpulsen wesentliche Mikroprozesse zugeordnet, die bei der Kontaktdeformation in der Partikelschicht entstehen. Aufgrund dieser Untersuchungen wird eine neue zeitlich hochauflösende, experimentelle Methode zur Ermittlung der Mikroprozesse während der Kontaktdeformation in Partikelkollektiven entwickelt, die einen wichtigen kooperativen Beitrag im Schwerpunktprogramm Partikel im Kontakt Mikromechanik, Mikroprozessdynamik und Partikelkollektive leisten wird.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dr. rer. nat. Werner Hintz, Tel. 0391-67-12295

Förderer: Haushalt; 01.01.2010 - 31.12.2011

Entwicklung eines neuartigen Photokatalysators auf Basis von TiO₂ mit erweiterter spektraler Sensibilität für die Behandlung von pharmazeutisch belasteten Abwässern

Nanopartikel finden in immer weiteren Bereichen Anwendungen. Eine viel versprechende Anwendung im Umweltbereich ist die der Behandlung von Trink- und Abwasser zur Entfernung von unerwünschten Spurenstoffen. Das vorliegende Projekt untersucht die Herstellung und Verwendung eines neuartigen, nanostrukturierten Photokatalysators aus TiO₂, mit dessen Hilfe bestehende Probleme, bei der Beseitigung von Spurenschadstoffen und pathogenen Keimen aus Abwasser oder Trinkwasser, gelöst werden können. Das wissenschaftliche Ziel ist die Herstellung und Evaluierung praxistauglicher neuer Photokatalysatoren zur Entfernung organischer Kontaminanten aus Abwasser und Trinkwasser. Dazu werden Photokatalysatoren in Form von einer dünnen Schicht als auch als Nanofasern hergestellt. Die dünnen

Schichten werden mittels Eintauchen von einem Substrat in eine Nanopartikel-Suspension abgelagert. Die Fasern aus Titandioxid (Anatas) werden mit Hilfe eines Elektrospinverfahrens mit einem Durchmesser im Nanometerbereich hergestellt und mit nanoskaligen TiO₂ - Partikeln imprägniert. Diese Strukturen werden nachfolgend mittels chemischer Additive bzw. mit Hilfe eines Lasers modifiziert, um einen nanoskaligen Photokatalysator mit festgelegter Morphologie und Phasenzusammensetzung zu erhalten. Die Forschungsaktivitäten im Projekt umfassen insbesondere die Kombination verschiedener Herstellungsprozesse für einen innovativen Photokatalysator mit hoher spezifischer Oberfläche, niedrigen Rekombinationsraten und hocheffizienter photokatalytischer Aktivität hinsichtlich der Abbaubarkeit von im Wasser vorhandenen organischen, biologisch schwer abbaubaren Schadstoffen und pathogenen Keimen wie z.B. Viren oder Bakterien.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Bernd Ebenau, Tel. 0391-67-12295

Förderer: Sonstige; 01.01.2007 - 31.10.2010

Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur Herstellung eines Katalysatorproduktes

Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur Katalysatorentwicklung Gemeinsam mit der TRG Cyclamin GmbH Schönebeck wird gegenwärtig ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur Katalysatorentwicklung bearbeitet. Auf der Basis von mineralischen Recyclingprodukten, die auf Grund ihres räumlichen Strukturgerüsts große Oberflächen bilden können, werden unter reaktiven Bedingungen Adsorbentien für einen industriellen Einsatz hergestellt. Die Entwicklung verfolgt das Ziel, Adsorptionsmittel zu erzeugen, die sowohl den rauen technischen Einsatzbedingungen genügen als auch über eine hohe Adsorptionsfähigkeit verfügen. Diese Eigenschaften lassen sich meßtechnisch mit Hilfe von Festigkeitsuntersuchungen und Oberflächenmessungen mit Hilfe der Tieftemperatur-Stickstoff-Adsorption erfassen. Besonders geeignet erweist sich die von R.Haul und G. Dümbgen vereinfachte Messmethode zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche nach DIN 66132 (Einpunkt-BET-Verfahren) Die experimentellen Untersuchungen werden mit dem Messgerät Areameter II der Firma Juwe Laborgeräte GmbH durchgeführt. Im Herstellungsverfahren der Produkte werden neben den unterschiedlichen Reaktionsbedingungen, die sehr wesentlich durch die Temperaturprofilierung beeinflusst werden auch Zusatzkomponenten getestet, die wiederum dem Zweck dienen, eine Vielzahl von hochenergetischen Adsorptionsplätzen zu schaffen. Im Zusammenhang mit der Ermittlung der spezifischen Oberfläche kommt der Untersuchung Aktivierungsreaktion eine besondere Bedeutung zu. In Abhängigkeit von den jeweiligen Bedingungen im Herstellungsverfahren sind die optimalen Parameter zur Voraktivierung der Materialien und deren Einfluß auf die spezifische Oberfläche zu untersuchen. Im Ergebnis des Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur Katalysatorentwicklung sind standardisierte Verfahren zu ermitteln, die den Bedingungen eines technischen Herstellungsprozesses genügen.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dr. rer. nat. Werner Hintz, Tel. 0391-67-12295

Förderer: Haushalt; 01.01.2010 - 31.12.2011

Herstellung von Poly-(butylcyanoacrylat)-Nanopartikel (PBCA-NP) zur Überwindung der Blut-Hirn-Schranke

Die Verwendung von Nanopartikel als Arzneimittel-Trägersysteme zur zielgerichteten Pharmakotherapie wird seit mehr als 30 Jahren diskutiert. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die Körperverteilung von Arzneistoffen so zu verändern, dass hohe, pharmakologisch wirksame Konzentrationen am Zielort bei Verringerung der Nebenwirkungen erreicht werden. Diese Trägersysteme dienen nicht nur dem Transport, sondern dienen auch als Schutz für potentielle Wirkstoffe. Dabei stellen die Poly-(butylcyanoacrylat)-Nanopartikel (PBCA-NP) eine besonders vielversprechende Gruppe innerhalb der Arzneimittel-Trägersysteme dar. Sie sind biokompatibel und biologisch abbaubar. Die oberflächenmodifizierten PBCA-NP haben gegenüber anderen Nanopartikeln noch einen weiteren Vorteil, sie ermöglichen den Transport von Substanzen durch die Blut-Hirn-Schranke, die eine biologische Barriere im menschlichen Körper darstellt. Die Herstellung der unmodifizierten PBCA-NP erfolgt heute u.a. mit Hilfe von Fällungsprozessen (z.B. in Aceton), durch anionische Emulsionspolymerisation im sauren Medium unter Verwendung von Stabilisatoren bzw. durch radikalische Emulsionspolymerisation. Die Beladung bzw. Funktionalisierung der NP geschieht mit entsprechenden Wirk- und Farbstoffen, anschließend werden diese NP z.B. mit Tween 80 ummantelt. Diese NP bieten durch ihre physikalischen Eigenschaften und durch die gezielte Freisetzung von Wirkstoffen in den Organen vielfältige Vorteile bei diagnostischen und therapeutischen Anwendungen (verbesserte Pharmakinetik und -dynamik, lokale Verabreichungsmöglichkeit). Obwohl bereits beträchtliche Fortschritte bei in-vivo-Untersuchungen und in klinischen Studien erzielt wurden, bleibt die Notwendigkeit bestehen, fundamentale Aspekte der Herstellung der PBCA-NP zu lösen und zu optimieren

(größenkontrollierte Synthese und Stabilität der NP, enge Partikelgrößenverteilungen, Biokompatibilität der Beschichtungen, Bindung des Wirkstoffes und physiologische Parameter).

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dr. rer. nat. Werner Hintz, Tel. 0391-67-12295

Förderer: Haushalt; 01.01.2010 - 31.12.2011

Maßgeschneiderte superparamagnetische Nanopartikel für Anwendungen in Medizin und Pharmazie

Superparamagnetische Eisenoxid-Nanopartikel (SPIO-NP), wie Magnetit Fe₃O₄ und Maghemit -Fe₂O₃, zählen zu den am häufigsten angewendeten biokompatiblen Partikelsystemen in der Biomedizin. Diese Nanopartikel bieten durch ihre physikalischen Eigenschaften (u.a. die Partikelgröße) vielfältige Vorteile bei diagnostischen und therapeutischen Anwendungen in der Medizin (gezielte Freisetzung von Wirkstoffen in den Organen, eine verbesserte Pharmakinetik und -dynamik, lokale Verabreichungsmöglichkeiten). Obwohl beträchtliche Fortschritte bei der Untersuchung der Partikelbildungsprozesse magnetischer Nanopartikel erzielt wurden, bleibt die Notwendigkeit bestehen, fundamentale Aspekte der Herstellung magnetischer Fluide zu lösen und zu optimieren (größenkontrollierte Synthese und Stabilität der Nanopartikel, enge Partikelgrößenverteilungen, Biokompatibilität der Beschichtungen, Bindung des Wirkstoffes und physiologische Parameter). Zwar steht heute bereits eine Anzahl von biokompatiblen superparamagnetischen Eisenoxid-Nanopartikel als sogenannte Einzeldomänen-Partikel mit hoher Magnetisierbarkeit zur Verfügung, deren Primärpartikelgrößen liegen aber nur zwischen 3 und 15 nm (einzelne Partikel). Bei Agglomeraten bzw. Aggregaten in Form von Multidomänen-Partikeln werden Durchmesser von bis zu 100 nm erreicht, diese Partikel haben zwar eine relativ hohe Magnetisierbarkeit, die sich aber nur aus der Summation der im Aggregat enthaltenen Partikel ergibt. Größere Einzeldomäne-Partikel hätten den Reiz, aufgrund der volumenproportionalen Magnetisierbarkeit zur dritten Potenz zu skalieren, aber trotzdem die schaltbaren superparamagnetischen Eigenschaften und die Suspensionsstabilität zu behalten. Aufgrund der Agglomeration ist die Anwendbarkeit in der Biomedizin eingeschränkt. Die Herstellungsprozesse in flüssiger Phase laufen als komplexe, wechselseitig verschaltete Mikroprozesse ab und sind noch nicht umfassend erforscht.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Katja Mader

Förderer: DFG; 01.06.2010 - 31.05.2012

Modellierung des Kontaktverhaltens feiner adhäsiver Partikel

In der Partikeltechnik (z.B. Lebensmitteltechnik, chemische- und pharmazeutische Industrie und Werkstofftechnik) werden aufgrund energiesparender Erzeugung gezielter physikalisch-chemischer Eigenschaften Partikelgrößen kleiner als 100 µm produziert. Mit abnehmender Größe von Partikeln steigt deren volumenbezogene spezifische Oberfläche und damit auch die Häufigkeit und Intensität ihrer Wechselwirkungen. Die damit verbundene verringerte Kontaktsteifigkeit stellt eine Ursache für zunehmende Adhäsion dar, die auf der Van-der-Waals-Anziehung im unmittelbaren Kontakt beruht.

Ziel des Projektes ist es, bei der Anwendung einer äußeren Beanspruchung die prozessbestimmende Intensivierung der Adhäsion, d.h. die Verknüpfung der inelastischen Kontaktverformung mit der verstärkenden Wirkung der Van-der-Waals-Kräfte innerhalb der Kontaktzone feiner Partikel, herauszuarbeiten. Mit Hilfe des Modells steife Partikel mit weichen Kontakten wird die elastisch-plastische Repulsion bei Normalbelastung eines glatten Kugelkontaktes modelliert. Für diese Art der Kompression werden neue Normalkraft-Weg-Funktionen für Belastung, Entlastung, Wiederbelastung und Kontaktablösung hergeleitet. Aus den Belastungs- und Entlastungsfunktionen kann ein neues Haftkraft-Normalkraft-Modell gewonnen werden, das die momentane zeitinvariante Haftkraftverstärkung beschreibt. Mit der resultierenden lastabhängigen Haftkraft werden die mikromechanischen Modelle für das elastische und reibungsbehaftete Gleiten, Rollen und Verdrehen (Torsion) deutlich erweitert. Außerdem wird eine geschwindigkeitsabhängige viskose Verformung des Kontaktes für diese Art der Beanspruchung eingeführt und anhand numerischer Rechnungen bewertet. Im Anschluss werden die erstellten Kontaktmodelle mittels Rasterkraftmikroskopie (AFM) überprüft, kalibriert und beurteilt.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Hendrik Mainka, Tel.: 0391-67-11866

Förderer: DFG; 01.10.2010 - 30.09.2011

Serviceprojekt zur Herstellung, Funktionalisierung und Charakterisierung von Referenzpartikelkollektiven im Rahmen des SPP 1486, Partikel im Kontakt - Mikromechanik, Mikroprozessdynamik und Partikelkollektive PiKo

Das Ziel des Projektes ist (a) die Herstellung von ausgewählten Partikelsystemen als Referenzpartikelkollektive, (b) die Oberflächenmodifizierung und Funktionalisierung dieser Partikel und (c) die physikalisch-chemische Charakterisierung der granulometrischen und mechanischen Eigenschaften der Partikel und Partikelkollektive. Es erfolgt eine Fokussierung auf preiswerte, engverteilte kugelförmige Partikel mit bequem bestimmbareren granulometrischen Daten, die typisch für bestimmte mikromechanische Verhaltensmuster sind, wie auf (a) vergleichsweise steife (amorphe) Glaspartikel, deren Haft- und Kontakteigenschaften sich einfach durch Silanisierung chemisch modifizieren lassen, (b) Titan(IV)-oxid-Partikel, die sehr stark haften und agglomerieren aufgrund ihrer großen Hamaker-Konstante, ihres weichen Kontaktverhaltens verbunden mit einer großen Kontaktabplattung und ihres großen Haftkraftanstieges unter Einwirkung einer verfestigenden Normalkraft und (c) monodisperse organische Latexpartikel mit bekannten Hafteigenschaften, die für ein weiches mechanisches Partikelverhalten mit unbekanntem Reibungsverhalten stehen. Beispielhaft sollen dafür folgende Partikelkollektive (a) nicht modifizierte bzw. modifizierte Glaspartikel, (b) monodisperse, poröse (agglomerierte) bzw. nichtporöse (nicht agglomerierte) TiO₂-Partikel und (c) Polystyrol-Partikel mit einem Durchmesser von 50 nm und 5 µm hergestellt werden. Die Herausforderung des Projektes liegt einerseits in der Herstellung von sehr eng verteilten (monodispersen) kugelförmigen Referenzpartikeln geringer Menge (ca. 10 g) mit einer sehr glatten Oberfläche u.a. zur physikalischen Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften (z.B. Messung der Haftkräfte mittels Atomkraftmikroskopie AFM), andererseits in der Herstellung größerer Mengen (> 1 kg) möglichst eng verteilter Partikelsysteme aus einer Grundgesamtheit, die repräsentativ zum technischen Produkt sind.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: S.Stein

Förderer: DFG; 01.04.2009 - 31.08.2011

Simulation der Filtrations- und Konsolidierungsdynamik ultrafeiner Partikelsysteme mittels Kombination von Partikelmechanik, Diskrete-Elemente-Methode und Fluidodynamik

Das Aufkommen an Systemen mit sehr feinen Partikeln in wässriger Phase hat in den letzten Jahren ständig zugenommen. Kostengünstig können diese Partikelsysteme durch Druckfiltration entwässert werden. Die beiden unterscheidbaren Teilprozesse, Filterkuchenwachstum und Kuchenkonsolidierung, werden durch Fließvorgänge der Partikel und des Fluides unterstützt bzw. behindert, wobei die interpartikulären Wechselwirkungen und Kontaktkräfte zunehmend prozessbestimmend werden. Sowohl in der Filtrationstechnik, als auch in der Schüttguttechnik sind die kontinuums-mechanischen Modelle und die entsprechenden Messmethoden erfolgreich bei der Beschreibung der Entwässerungsdynamik von ultrafeinen Suspensionen und des Fließverhaltens von kohäsiven Filterkuchen, angewandt worden. Sie sind für die praktische Auslegung verfahrenstechnischer Apparate, wie z.B. Pressfiltern oder Förderer geeignet. Jedoch fehlte bisher das physikalische Verständnis der komplexen interpartikulären Wechselwirkungen während des Aufbaus der Partikelpackung und bei deren irreversiblen Kompression. Davon ausgehend ist durch die Vorarbeiten mit der Diskrete-Elemente-Methode eine neue Simulationsmethode verfügbar, mit der Kontakt- und Haftkräfte bei der Kompression sowie beim Fließen stark verdichteter, flüssigkeitsgesättigter Partikelpackungen detailliert berücksichtigt werden. Eine spannende Aufgabe stellt deshalb die Einführung einer irreversiblen, inelastischen Kontaktabplattung als wesentlicher Bestandteil und physikalische Ursache einer Haftkraftverstärkung beim Filterkuchenaufbau und bei der Kuchenkompression dar. Davon ausgehend wird die Durchströmung beim Aufbau und bei der Kompression der porösen ultrafeinen Partikelschichten auf mikroskopischer Ebene simuliert. Die Herausforderung besteht folglich darin, die messbaren mechanischen Eigenschaften von stark komprimierten, kompressiblen, drainierten, kohäsiven Filterkuchen mit Hilfe der Kombination von Partikelmechanik, Diskrete-Elemente-Methode und Fluidodynamik zu simulieren und experimentell zu bewerten. In Magdeburg steht dafür eine Pressschierzelle zur Verfügung. Die Apparatur wurde speziell für Filtrations- und Scherexperimente gebaut. Als praktisch nutzbares Ergebnis des Projektes werden deutlich verbesserte physikalische Grundlagen der Prozess- und Apparateauslegung der Pressfiltration erwartet.

Projektleiter: Prof. Dr. Jürgen Tomas

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Sebastian Kleinschmidt

Förderer: Haushalt; 01.11.2008 - 31.10.2011

Verbesserung der Fließfähigkeit kohäsiver Pulver durch nanoskalige Fließhilfsmittel

Die Handhabung und Dosierung kohäsiver Pulver stellt ein großes technisches Problem dar. Ursache dafür ist Ihre schlechte Fließfähigkeit, verursacht durch sehr große interpartikuläre Haftkräfte. Die Fließfähigkeit kohäsiver Pulver

kann durch die Zugabe kleinster Mengen an Nanopartikeln deutlich verbessert werden. Diese Nanopartikel dienen als "Abstandhalter" zwischen den größeren Trägerpartikeln und reduzieren damit die wirksamen van-der-Waals-Haftkräfte. Die sich einstellenden Haftkräfte sind abhängig von der geometrischen Anordnung der Nanopartikel auf der Oberfläche der Trägerpartikel, der Größe der Nanopartikel sowie deren chemischen und physikalischen Eigenschaften (z.B. Hamaker-Konstante, elastisch-plastische Kontaktverformung).

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Ulrike Krewer
Projektbearbeiter: Daniel Schröder
Kooperationen: Karl-Winnacker-Institut
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt); 01.07.2010 - 30.06.2012

Modell-basierte Analyse von Zink-Luftsauerstoff-Sekundärbatterien

Zink-Luftsauerstoff-Batterien bieten theoretisch weit höhere Energiedichten als die derzeitige Li-Ionen-Technologie. Im Rahmen dieses Projektes werden die Reaktions- und Transportvorgänge in den Zellen systematisch untersucht und die limitierenden Prozesse identifiziert und verbessert.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Ulrike Krewer
Kooperationen: University of Newcastle upon Tyne
Förderer: Sonstige; 01.11.2009 - 31.10.2013

Modell-gestützte und experimentelle Erforschung alkalischer Brennstoffzellen mit Polymerelektrolytmembran

Alkalische Brennstoffzellen ermöglichen den Einsatz von unedlen Katalysatoren auch bei niedrigen Betriebstemperaturen. Ziel des Projektes ist die systematische Erforschung und Entwicklung von leistungsfähigen alkalischen Brennstoffzellen auf Basis von neuartigen, Anionen leitenden Polymermembranen. Der jeweils geschwindigkeitsbestimmende Schritt in einer entwickelten Einzelzelle wird hierbei durch eine systematische Kombination von dynamischen Experimenten und Modell-basierter Analyse identifiziert.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Thomas Metzger
Projektbearbeiter: Dr. Abdolreza Kharaghani
Förderer: DFG; 01.04.2010 - 31.03.2012

Modellierung der Kapillarkräfte bei der Konvektionstrocknung von Gelen: Einfluss von Produkt- und Prozessparametern auf Strukturhaltung und Strukturänderung (Teilprojekt des SPP 1273 Kolloidverfahrenstechnik)

Um die günstige Konvektionstrocknung zur Herstellung hochporöser Gele zu erschließen, wird der Einfluss von Gelstruktur, Stoffparametern sowie Trocknungsbedingungen auf die mechanische Beanspruchung und Schädigung dieser fragilen Partikelaggregate untersucht. Hierzu wird zum einen eine Kombination von Volume-of-fluid-Methode (für die Flüssigkeitsverteilung) und Diskrete-Elemente-Methode (für die Wirkung der Kapillarkräfte) eingesetzt, zum anderen werden Trocknungsexperimente im Röntgen-Mikrotomographen durchgeführt.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Thomas Metzger
Projektbearbeiter: M.Sc. Yujing Wang
Förderer: DFG; 01.05.2010 - 30.04.2013

Porenskalige Experimente und Simulationen zur Trocknung von Partikelpackungen

Partikelpackungen werden als Modellstrukturen für poröse Materialien benutzt, um Porennetzwerkmodelle für die Trocknung zu testen. Sowohl Experimente mit Röntgenmikrotomograph als auch Simulationen mit Volume-of-Fluid-Methode werden zu diesem Zweck eingesetzt.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Thomas Metzger
Projektbearbeiter: M.Sc. Yu Sun
Kooperationen: Procter & Gamble, Schwalbach am Taunus
Förderer: Sonstige; 01.09.2009 - 30.11.2010

Simulation der Feuchtemigration in porösen Medien auf der Porenebene

Mit einem Porennetzwerkmodell wird die Umverteilung der Porenflüssigkeit in faserporösen Medien im Schwerfeld beschrieben und untersucht. Der Einfluss der Porenstruktur auf die Flüssigkeitsverteilung wird beleuchtet.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Thomas Metzger
Projektbearbeiter: M.Sc. Yu Sun
Kooperationen: Procter & Gamble, Schwalbach am Taunus
Förderer: DFG; 01.12.2010 - 30.11.2013

Untersuchung der Lotionsverteilung in Feuchttüchern mit Porennetzwerkmodellen und Röntgen-Mikrotomographie

Feuchttücher sind nicht-gewobene Fasermaterialien, die mit einer Waschlotion getränkt werden. Ihre Qualität bei der Hautreinigung und in der Handhabung hängt stark von Materialstruktur und räumlicher Verteilung der Flüssigkeit ab. Das Projekt benutzt Porennetzwerkmodelle und Röntgen-Mikrotomographie, um Flüssigkeitsverteilungen und Kapillarkrafteffekte von der Mikroebene ausgehend besser zu verstehen.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Mirko Peglow
Projektbearbeiter: B.Sc. Florian Sajontz
Kooperationen: AVA - Anhaltinische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH, ÖHMI Engineering GmbH
Förderer: BMWi/AIF; 01.05.2010 - 01.10.2011

Entwicklung eines Wirbelschichtverfahrens zur Schälung von Ölsaaten

Pflanzliche Rohstoffe sind eine wichtige Grundlage für die menschliche Ernährung. In der heutigen standartisierten Lebensmittelindustrie wird es immer wichtiger, dass Naturprodukte eine einheitliche und gleichbleibende Qualität aufweisen. Vor allem bei der Gewinnung pflanzlicher Proteine ist es schwierig, verschiedenste Verfahrensschritte so aufeinander abzustimmen, dass während der Produktion unerwünschte Inhaltsstoffe entfernt und gleichzeitig hochwertigen Proteine erhalten bleiben.

Die Untersuchung der Verarbeitung von verschiedenen Ölsaaten, wie Soja, Raps oder Sonnenblumen ist Gegenstand der aktuellen Forschung der NaWiTec. Durch die Kombination neuer Wirbelschichtverfahren sollen verschiedene Vorbehandlungsschritte der Schälung, Trocknung und Konditionierung in einem Prozess vereinigt werden. Dieses ermöglicht eine energetisch-optimierte und schonende Vorbehandlung unter gleichzeitiger Verringerung des apparativen Aufwands. Schwierigkeiten liegen in dem unterschiedlichen Schäl- und Trocknungsverhalten einzelner Samen.

Zielstellung des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Vorhabens ist es, die verfahrenstechnischen Grundlagen zu entwickeln, um das neuartige Wirbelschichtverfahren zur Marktreife im industriellen Produktionsmaßstab zu führen.

Regionale Partner in diesem Projekt sind Anhaltinische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH (AVA GmbH) und die ÖHMI Engineering GmbH.

Projektleiter: Dipl.-Ing. Matthias Börner
Projektbearbeiter: Matthias Börner
Kooperationen: AVA - Anhaltinische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH, ÖHMI Engineering GmbH
Förderer: BMWi/AIF; 01.05.2010 - 31.10.2011

Entwicklung eines speziellen Wirbelschichtverfahrens zur Schälung, Trocknung und Konditionierung von Sonnenblumen- und Rapssamen

In der Verarbeitung von Ölsaaten wie Soja, Raps oder Sonnenblumen ist die Schälung und Konditionierung der öl- und proteinhaltigen Samen ein wichtiger Vorbehandlungsschritt zur Verringerung des Faseranteils im Produkt und zum Aufschluß der Inhaltsstoffe. Je geringer der Anteil an Faserbestandteilen ist, desto höherwertigere und reinere pflanzliche Proteine lassen sich für tierische und menschliche Ernährung herstellen. Ein bestehendes Wirbelschichtverfahren zur Behandlung von Sojabohnen soll dahingehend angepasst und verbessert werden, dass die schwieriger zu behandelnden Sonnenblumen- bzw. Rapssamen geschält werden können. Die Schwierigkeit liegt in der mechanische Abtrennung von verhakten und eingedrückten Schalen aus Teilen des weichen, stark öl- und feuchtigkeitshaltigen Fruchtfleisches. Während der Schälung sollen die Produkte zusätzlich getrocknet und konditioniert werden. Diese Prozesse sollen in der gleichen Wirbelschichtapparatur ablaufen, wodurch eine energetische und apparative Verbesserung zu bestehenden Verfahren erreicht werden kann.

5. Eigene Kongresse, wissenschaftliche Tagungen und Exponate auf Messen

1st Workshop of the European Network on Viral Vaccine Processes (ENVVP), 14.10. - 15.10.2010, Frankfurt am Main, Prof. Reichl
17th International Drying Symposium (IDS2010), 03. - 06.10.2010, Magdeburg, Prof. Tsotsas
Sitzung des ProcessNet Fachausschusses Trocknungstechnik, 01.03. - 02.03.2010, Göttingen, Prof. Tsotsas

6. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Aman, Sergej; Tomas, Jürgen; Kalman, Haim

Breakage probability of irregularly shaped particles

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 5, S. 1503-1512; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,884]

Antonyuk, Sergiy; Heinrich, Stefan; Tomas, Jürgen; Deen, Niels G. ; Buijtenen, Maureen S. van; Kuipers, J. A. M.

Energy absorption during compression and impact of dry elastic-plastic spherical granules

In: Granular matter. - Berlin: Springer-Verl., Bd. 12.2010, 1, S. 15-47; [Link unter URL](#); 2010

Ballerstein, Martin; Michaels, Dennis; Seidel-Morgenstern, Andreas; Weismantel, Robert

A theoretical study of continuous counter-current chromatography for adsorption isotherms with inflection points

In: Computers & chemical engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 34.2010, 4, S. 447-459; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,755]

Bensmann, Boris; Petkovska, Menka; Vidakovic-Koch, Tanja; Hanke-Rauschenbach, Richard; Sundmacher, Kai

Nonlinear frequency response of electrochemical methanol oxidation kinetics - a theoretical analysis

In: Journal of the Electrochemical Society. - Pennington, NJ: Electrochemical Society, Bd. 157.2010, 9, S. 1279-1289;
[Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 2,241]

Chakraborty, Jayanta; Singh, Meenesh R.; Ramkrishna, Doraiswami; Borchert, Christian; Sundmacher, Kai

Modeling of crystal morphology distributions - towards crystals with preferred asymmetry

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 21, S. 5676-5686; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,884]

Czapla, Felix; Polenske, Daniel; Klukas, Linzhu; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Cyclic auto-seeded polythermal preferential crystallization- effect of impurity accumulation

In: Chemical engineering and processing. - Lausanne: Elsevier, Bd. 49.2010, 1, S. 22-28; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,518]

Genzel, Yvonne; Dietzsch, Christian; Rapp, Erdmann; Schwarzer, Jana; Reichl, Udo

MDCK and Vero cells for influenza virus vaccine production: a one-to-one comparison up to lab-scale bioreactor cultivation

In: Applied microbiology and biotechnology. - Berlin: Springer, Bd. 88.2010, 2, S. 461-475; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 2,896]

Haida, Henning; Kaemmerer, Henning; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Estimation of reliable parameters for solid-liquid equilibrium description of chiral systems

In: Chemical engineering & technology. - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 33.2010, 5, S. 767-774; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 0,923]

Hanke-Rauschenbach, Richard; Kirsch, Sebastian; Kelling, René; Weinzierl, Christine; Sundmacher, Kai

Oscillations and pattern formation in a PEM fuel cell with Pt/Ru anode exposed to H₂/CO mixtures

In: Journal of the Electrochemical Society. - Pennington, NJ: Electrochemical Society, Bd. 157.2010, 11, S. 1521-1528;
[Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 2,241]

Heidebrecht, Peter; Hartono, Benny; Hertel, Christoph; Sundmacher, Kai

Biomass-based fuel cell power plants - evaluation of novel reactors and process designs

In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 49.2010, 21, S. 10859-10875; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,758]

Ilic, Milica; Flockerzi, Dietrich; Seidel-Morgenstern, Andreas

A thermodynamically consistent explicit competitive adsorption isotherm model based on second-order single component behaviour

In: Journal of chromatography. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 1217.2010, 14, S. 2132-2137; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 3,756]

Ivanov, Ivan; Vidakovic-Koch, Tanja; Sundmacher, Kai

Recent advances in enzymatic fuel cells - experiments and modeling

In: Energies. - Basel. MDPI, Bd. 3.2010, 4, S. 803-846; [Abstract unter URL](#)

[Special issue: Fuel Cells]; 2010

Janke, R. ; Genzel, Y. ; Wahl, A. ; Reichl, Udo

Measurement of key metabolic enzyme activities in mammalian cells using rapid and sensitive microplate-based assays

In: Biotechnology and bioengineering. - New York, NY [u.a.]: Wiley, Bd. 107.2010, 3, S. 566-581; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 3,377]

Javeed, Shumaila; Qamar, Shamsul; Seidel-Morgenstern, Andreas; Warnecke, Gerald

Efficient and accurate numerical simulation of nonlinear chromatographic processes

In: Computers & chemical engineering. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, [Abstract unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,808]

Kaemmerer, Henning; Jones, Matthew J. ; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Selective crystallisation of a chiral compound-forming system Solvent screening, SLE determination and process design

In: Fluid phase equilibria. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 296.2010, 2, S. 192-205; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,857]

Kaemmerer, Henning; Tulashie, Samuel Kofi; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Solid-liquid phase equilibria of N-methylephedrine enantiomers in two chiral solvents

In: Journal of chemical & engineering data. - Washington, DC: Soc., Bd. 55.2010, 3, S. 1131-1136; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,063]

Khanal, Manoj; Tomas, Jürgen

Application of DEM to evaluate and compare process parameters for a particle failure under different loading conditions

In: Granular matter. - Berlin: Springer-Verl., Bd. 12.2010, 4, S. 411-416; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,324]

Khirevich, Siarhei; Daneyko, Anton; Höltzel, Alexandra; Seidel-Morgenstern, Andreas; Tallarek, Ulrich

Statistical analysis of packed beds, the origin of short-range disorder, and its impact on eddy dispersion

In: Journal of chromatography. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 1217.2010, 28, S. 4713-4722; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 4,101]

Klamt, Steffen; Flassig, Robert J.; Sundmacher, Kai

TRANSWESD - inferring cellular networks with transitive reduction

In: Bioinformatics. - Oxford: Oxford Univ. Press, Bd. 26.2010, 17, S. 2160-2168; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 4,926]

Krüber, Tina; Knöchlein, Anne; Eisold, Katrin; Kalbfuß-Zimmermann, Bernd; Reichl, Udo

DNA depletion by precipitation in the purification of cell culture-derived influenza vaccines

In: Chemical engineering & technology. - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 33.2010, 6, S. 941-959; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,266]

Kwapinski, Witold; Salem, Karijm; Mewes, Dieter; Tsotsas, Evangelos

Thermal and flow effects during adsorption in conventional, diluted and annular packed beds

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 14, S. 4250-4260; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 2,136]

Langermann, Jan von; Tam, Le Minh; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Kombination von Biokatalyse und Kristallisation zur Darstellung enantiomerenreiner Mandelsäurederivate

In: Chemie - Ingenieur - Technik. - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 82.2010, 1/2, S. 93-100; 2010
[Imp.fact.: 0,315]

Li, Suzhou; Kawajiri, Yoshiaki; Raisch, Jörg; Seidel-Morgenstern, Andreas

Optimization of simulated moving bed chromatography with fractionation and feedback: Part I. Fractionation of both outlets

In: Journal of chromatography. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 1217.2010, 33, S. 5337-5348; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 4,101]

Li, Suzhou; Kawajiri, Yoshiaki; Raisch, Jörg; Seidel-Morgenstern, Andreas

Optimization of simulated moving bed chromatography with fractionation and feedback: Part II. Fractionation of both outlets

In: Journal of chromatography. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 1217.2010, 33, S. 5349-5357; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 4,101]

Lohr, V. ; Genzel, Y. ; Behrendt, I. ; Scharfenberg, K. ; Reichl, Udo

A new MDCK suspension line cultivated in a fully defined medium in stirred-tank and wave bioreactor

In: Vaccine. - Amsterdam: Elsevier, ISSN 0264-410x, Bd. 28.2010, 38, S. 6256-6264; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 3,616]

Mangold, Michael; Bück, Andreas; Hanke-Rauschenbach, Richard

Passivity based control of a distributed PEM fuel cell model

In: Journal of process control. - Oxford [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 20.2010, 3, S. 292-313; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,606]

Marín, P. ; Hamel, Christof; Ordóez, S. ; Díez, F.V. ; Tsotsas, Evangelos; Seidel-Morgenstern, Andreas

Analysis of a fluidized bed membrane reactor for butane partial oxidation to maleic anhydride - 2D modelling

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 11, S. 3538-3548; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,884]

Markovic, A. ; Schlünder, E.-U. ; Seidel-Morgenstern, Andreas

Measurement of surface diffusivities in mesoporous Vycor glass membranes using a modified Wicke-Kallenbach cell with variable cell volume

In: International journal of heat and mass transfer. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 53.2010, 1/3, S. 384-389;
[Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,894]

Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

Network models for capillary porous media - application to drying technology

In: Chemie - Ingenieur - Technik. - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 82.2010, 6, S. 869-879; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 0,517]

Niemann, Björn; Sundmacher, Kai

Nanoparticle precipitation in microemulsions - population balance model and identification of bivariate droplet

exchange kernel

In: Journal of colloid and interface science. - Orlando, Fla. : Elsevier, Bd. 342.2010, 2, S. 361-371; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 3,019]

Peschel, Andreas; Freund, Hannsjörg; Sundmacher, Kai

Methodology for the design of optimal chemical reactors based on the concept of elementary process functions

In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 49.2010, 21, S. 10535-10548; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,758]

Petkovska, M. ; Nikolic, D. ; Markovic, A. ; Seidel-Morgenstern, Andreas

Fast evaluation of periodic operation of a heterogeneous reactor based on nonlinear frequency response analysis

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 11, S. 3632-3637; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,884]

Pfafferodt, Matthias; Heidebrecht, Peter; Sundmacher, Kai

Stack Modelling of a Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)

In: Fuel Cells. - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 10.2010, 4, S. 619-635; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 2,557]

Qamar, Shamsul; Mukhtar, Safyan; Seidel-Morgenstern, Andreas

Efficient solution of a batch crystallization model with fines dissolution

In: Journal of crystal growth. - Amsterdam: North-Holland Publ. Co., Bd. 312.2010, 20, S. 2936-2945; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,534]

Rihko-Struckmann, Liisa K.; Peschel, Andreas; Hanke-Rauschenbach, Richard; Sundmacher, Kai

Assessment of methanol synthesis utilizing exhaust CO₂ for chemical storage of electrical energy

In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 49.2010, 21, S. 11073-11078; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,758]

Ritter, Joachim B. ; Wahl, Aljoscha S. ; Freund, Susann; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo

Metabolic effects of influenza virus infection in cultured animal cells - intra- and extracellular metabolite profiling

In: BMC systems biology. - London: BioMed Central, Bd. 4.2010, 61, insges. 22 S.; [Abstract unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 4,064]

Rollié, Sascha; Lendeckel, Uwe; Naumann, Michael; Reichl, Udo; Sundmacher, Kai

Dynamics of bionanoparticle targeting in mixtures of human tumour cells by validated population balance modelling

In: Soft matter. - Cambridge: RSC Publ., Bd. 6.2010, 6, S. 1203-1216; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 4,869]

Rollié, Sascha; Sundmacher, Kai

Tracking the clustering dynamics in ternary particle mixtures by flow cytometry

In: Powder technology. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 202.2010, 1/3, S. 185-189; [Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 1,745]

Seitz, Claudius; Frensing, Timo; Höper, Dirk; Kochs, Georg; Reichl, Udo

High yields of influenza A virus in MadinDarby canine kidney cells are promoted by an insufficient interferon-induced antiviral state

In: The journal of general virology. - Reading: Society for General Microbiology, Bd. 91.2010, 7, S. 1754-1763;

[Link unter URL](#); 2010

[Imp.fact.: 3,260]

Sistla, Venkata S. ; Langermann, Jan von; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Application of classical resolution for separation of DL-serine

In: Chemical engineering & technology. - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 33.2010, 5, S. 780-786; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 0,923]

Stasiak, M. ; Tomas, Jürgen; Molenda, M. ; Rusinek, R. ; Müller, Peter

Uniaxial compaction behaviour and elasticity of cohesive powders

In: Powder technology. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 203.2010, 3, S. 482-488; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,745]

Steyer, Christiane; Mangold, Michael; Sundmacher, Kai

Modeling of particle size distribution for semibatch precipitation of barium sulfate using different activity coefficient models

In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 49.2010, 5, S. 2456-2468; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,758]

Stoltenberg, Daniel; Seidel-Morgenstern, Andreas; Enke, Dirk

Mesoporöse Glasmembranen als Modellsysteme zur Untersuchung der Gasdiffusion durch poröse Medien

In: Chemie - Ingenieur - Technik. - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 82.2010, 6, S. 829-835; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 0,517]

Sundmacher, Kai

Fuel cell engineering - toward the design of efficient electrochemical power plants

In: Industrial & engineering chemistry research. - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 49.2010, 21, S. 10159-10182; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,758]

Surasani, Vikranth; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

Drying simulations of various 3D pore structures by a nonisothermal pore network model

In: Drying technology. - New York, NY [u.a.]: Dekker, ISSN 1041-794x, Bd. 28.2010, 5, S. 615-623; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 1,393]

Tulashie, Samuel Kofi; Kaemmerer, Henning; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Solid-Liquid equilibria of mandelic acid enantiomers in two chiral solvents - experimental determination and model correlation

In: Journal of chemical & engineering data. - Washington, DC: Soc., Bd. 55.2010, 1, S. 333-340; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 2,063]

Vester, Diana; Lagoda, Antje; Hoffmann, Diana; Seitz, Claudius; Heldt, Stefan; Bettenbrock, Katja; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo

Real-time RT-qPCR assay for the analysis of human influenza A virus transcription and replication dynamics

In: Journal of virological methods. - Amsterdam: Elsevier, North-Holland Biomed. Press, Bd. 168.2010, 1/2, S. 63-71; [Link unter URL](#); 2010
[Imp.fact.: 2,133]

Vester, Diana; Rapp, Erdmann; Kluge, Sabine; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo

Virushost cell interactions in vaccine production cell lines infected with different human influenza A virus variants: A proteomic approach

In: Journal of proteomics. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 73.2010, 9, S. 1656-1669; [Link unter URL](#); 2010

Vorhauer, Nicole; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

Empirical macroscopic model for drying of porous media based on pore networks and scaling theory

In: Drying technology. - New York, NY [u.a.]: Dekker, ISSN 1041-794x, Bd. 28.2010, 8, S. 991-1000; [Link unter URL](#)
[Special Issue: Mathematical Modeling of Drying]; 2010
[Imp.fact.: 1,048]

Wolff, Michael W. ; Siewert, Corina; Post Hansen, Sara; Faber, Rene; Reichl, Udo

Purification of cell culture-derived modified vaccinia ankara virus by pseudo-affinity membrane adsorbers and hydrophobic interaction chromatography

In: Biotechnology and bioengineering. - New York, NY [u.a.]: Wiley, Bd. 107.2010, 2, S. 312-320; [Link unter URL](#); 2010 [Imp.fact.: 3,377]

Zahn, Volker M. ; Mangold, Michael; Seidel-Morgenstern, Andreas

Autothermal operation of an adiabatic simulated counter current reactor

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 1, S. 458-465; [Link unter URL](#); 2010 [Imp.fact.: 1,884]

Zenith, Federico; Krewer, Ulrike

Modelling, dynamics and control of a portable DMFC system

In: Journal of process control. - Oxford [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 20.2010, 5, S. 630-642; [Link unter URL](#); 2010 [Imp.fact.: 2,235]

Zenith, Federico; Weinzierl, Christine; Krewer, Ulrike

Model-based analysis of the feasibility envelope for autonomous operation of a portable direct methanol fuel-cell system

In: Chemical engineering science. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 65.2010, 15, S. 4411-4419; [Link unter URL](#); 2010 [Imp.fact.: 2,136]

Originalartikel in begutachteten nationalen Zeitschriften

Kache, Guido; Tomas, Jürgen

Ausfließen eines kohäsiven, hochdispersen Pulvers

In: Schüttgut. - Würzburg: Vogel Business Media, Bd. 16.2010, 5, S. 246-252; 2010

Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen

Avila-Acevedo, Juan Gabriel; Tsotsas, Evangelos

Moisture migration in stored granular materials

In: Porous media and its applications in science, engineering, and industry. - Melville, NY: American Inst. of Physics, ISBN 978-0-7354-0803-6, S. 313-318; AIP conference proceedings; 1254, 2010

Kongress: Internatinal Conference on Porous Media and its Applications in Science, Engineering and Industry; 3 (Montecatini, Italy): 2010.06.20-25; 2010

Herausgeberschaften

Seidel-Morgenstern, Andreas

Membrane reactors - distributing reactants to improve selectivity and yield. - Weinheim: Wiley-VCH; XVIII, 274 S.: III., graph. Darst., ISBN 978-3-527-32039-4, 2010

[Literaturangaben]; 2010

Buchbeiträge

Aman, Sergej; Tomas, Jürgen; Kalman, H. ; Rozenblat, Y.

Relationship between breakage force and energy by compression test

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

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

Börner, Matthias; Peglow, Mirko; Buijtenen, Maureen S. van; Green, Niels G. ; Tsotsas, Evangelos; Kuipers, J. A. M. ; Heinrich, S.

Residence times in fluidized bed granulation

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; 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

Cunäus, Ulf; Tsotsas, Evangelos; Peglow, Mirko; Metzger, Thomas

Modelling of fluidized bed drying using population balance equations

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

Dernedde, Mathias; Bück, Andreas; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos

Description of particle formation in fluidized beds with a stochastic modelling method

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

Fischer, Christian; Bück, Andreas; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos

Fiber-optical inline measurement of particle size distributions in fluidized bed 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

Georgieva-Angelova, Katya; Edreva, Velislava; Hussain, Arshad; Skrzypacz, Piotr; Tobiska, Lutz; Seidel-Morgenstern, Andreas; Tsotsas, Evangelos; Schmidt, Jürgen

Transport phenomena in porous membranes and membrane reactors

In: Membrane reactors. - Weinheim: Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-32039-4, S. 85-132, 2010; 2010

Hamel, Christof; Tóta, Ákos; Klose, Frank; Skrzypacz, Piotr; Tsotsas, Evangelos; Seidel-Morgenstern, Andreas

Packed-bed membrane reactors

In: Membrane reactors. - Weinheim: Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-32039-4, S. 133-164, 2010; 2010

Hintz, Werner; Kleinschmidt, Sebastian; Yordanova-Bineva, V. ; Tomas, Jürgen

Surface-modification of silica-particles by nano-scaled titania-particles via sol-gel-process

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

Hoffmann, Torsten; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos

Dynamic behaviour of particle-size distribution in fluidised bed granulation

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

Iroba, K. L. ; Mellmann, J. ; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

DEM medeling of solids transport in mixed-flow dryers

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

Jasevicius, R. ; Tomas, Jürgen; Kacianauskas, R.

DEM simulation of ultrafine silica particles

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

Kleinschmidt, Sebastian; Tomas, Jürgen

Improvement of flowability of fine cohesive powders by flow additives

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

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

Klose, Frank; Joshi, Milind; Wolff, Tanya; Haida, Henning; Seidel-Morgenstern, Andreas; Suchorski, Yuri; Weiß, Helmut

Catalysis and reaction kinetics of a model reaction

In: Membrane reactors. - Weinheim: Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-32039-4, S. 63-84, 2010; 2010

Mangold, Michael; Schmidt, Jürgen; Tobiska, Lutz; Tsotsas, Evangelos

Modeling of membrane reactors

In: Membrane reactors. - Weinheim: Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-32039-4, S. 29-62, 2010; 2010

Müller, Peter; Tomas, Jürgen; Antonyuk, S. ; Heinrich, S.

The restitution coefficient of three characteristic granules

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

Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos

Kinetics of particle formation in fluidized beds - modelling approaches and experimental methods

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

Portnikov, D. ; Kalman, H. ; Aman, Sergej; Tomas, Jürgen

The effect of the compression rate and sample size on the strength distribution measurements of particles

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

Rozenblat, Y. ; Grant, E. ; Kalman, H. ; Tomas, Jürgen

Selection and breakage functions of particles under impact

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

Stein, Sören; Tomas, Jürgen

Dewatering and flow behaviour of fine limestone particle packings

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

Terrazas-Velarde, Korina; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos

Stochastic modeling of fluidized bed spray drying - effect of particle porosity and bed temperature on agglomeration kinetics

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

Tomas, Jürgen; Pötsch, D. ; Kache, G. ; Haack, A.

Silo discharge of an ultrafine cohesive powder by vibrating hoppers

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

Tsotsas, Evangelos

Heat and mass transfer in packed beds with fluid flow

In: VDI e. V: VDI Heat Atlas. - Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-77877-6, S. 1327-1342; [Abstract unter URL](#), 2010

[Abschnitt M7]; 2010

Tsotsas, Evangelos

Heat transfer from a wall to stagnant and mechanically agitated beds

In: VDI e. V: VDI Heat Atlas. - Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-77877-6, S. 1311-1326; [Abstract unter URL](#), 2010

[Abschnitt M6]; 2010

Tsotsas, Evangelos

Thermal conductivity of packed beds

In: VDI e. V: VDI Heat Atlas. - Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-77877-6, S. 570-580; [Abstract unter URL](#), 2010

[Abschnitt D6.3]; 2010

Weigler, Fabian; Peglow, Mirko; Tsotsas, Evangelos

Discrete investigation of thermal relaxation in packed beds

In: Proceedings of the 14th International Heat Transfer Conference. - ASME, ISBN 978-0-7918-3879-2, insges. 6 S., 2010

Kongress: IHTC; 14 (Washington, DC, USA): 2010.08.08-13; 2010

Artikel in Kongressbänden

Kharaghani, Abdolreza; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

Pore network modeling of mechanical effects during drying

In: Third International Conference on Porous Media and its Applications in Science, Engineering and Industry. - Montecatini, insges. 6 S., 2010

Kongress: ICPM; 3 (Montecatini, Italy): 2010.06.20-25; 2010

Kirsch, Christoph; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

Modeling and simulation of convective drying of gels

In: Third International Conference on Porous Media and its Applications in Science, Engineering and Industry. - Montecatini, insges. 6 S., 2010

Kongress: ICPM; 3 (Montecatini, Italy): 2010.06.20-25; 2010

Vorhauer, Nicole; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos

Drying of porous media - a comparison of discrete and continuous models

In: Third International Conference on Porous Media and its Applications in Science, Engineering and Industry.

- Montecatini, insges. 9 S., 2010
Kongress: ICPM; 3 (Montecatini, Italy): 2010.06.20-25; 2010

Dissertationen

Czapla, Felix

Modeling of polythermal preferential crystallization. - Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); Magdeburg: docupoint-Verl.; 181 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm; 2010

Damtew Hamza, Andualem

Analysis of the potential of nonlinear solvent gradients in preparative chromatography. - Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); VII, 132 Bl.: Ill., graph. Darst.; 30 cm; 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

Gokhale, Yashodhan Pramod

Synthesis and modeling of silver and titanium dioxide nanoparticles by population balance equations. - Micro-macro transactions;
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; Magdeburg: Docupoint-Verl.; 150 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-101-7; 2010

Ivanova Chalakova, Mariyana

Conceptual design and analysis of reactive distillation processes for the production of isooctane via indirect alkylation. - Docupoint Wissenschaft
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2009; Magdeburg: Docupoint-Verl.; VIII, 176 S.: graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-024-9, 2010; 2009

Kache, Guido

Verbesserung des Schwerkraftflusses kohäsiver Pulver durch Schwingungseintrag. - Docupoint Wissenschaft
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2009; Magdeburg: Docupoint-Verl.; VII, 222 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-020-1, 2010; 2010

Kharaghani, Abdolreza

Irregular pore networks and mechanical effects during drying of porous media. - Micro-macro transactions;
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; Magdeburg: docupoint; XIV, 148 S.: graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-100-0; 2010

Markovic, Ana

Experimental and theoretical analysis of the mass transport through porous glass membranes with different pore diameters. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2009; Magdeburg: docupoint-Verl.; VI, 212 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-018-8, 2010; 2010

Ritter, Joachim

Charakterisierung tierischer Zellkulturen anhand einer Quantifizierung intrazellulärer Metaboliten aus dem Zentralstoffwechsel. - Forschungsberichte aus dem Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme; 27
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; Aachen: Shaker; 195 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-8322-9197-6; 2010

Rollié, Sascha

Heteroaggregation processes in colloidal particle and cell systems. - Forschungsberichte aus dem Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme; 26
Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; Aachen: Shaker; XIV, 148 S.: Ill., graph. Darst.; 210 mm x 148 mm, 245 gr., ISBN 978-3-8322-9171-6; 2010

Sonavane, Yogesh

Influence of the wall on the heat transfer process in rotary kiln. - Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; [Link unter URL](#); V, 134 S.: Ill., graph. Darst.; 2010

Terrazas Velarde, Korina

Monte Carlo simulation of fluidized bed spray agglomeration. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; Göttingen: Sierke; XVII, 189 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm, 280 gr., ISBN 978-3-86844-275-5; 2010

Tulashie, Samuel Kofi

The potential of chiral solvents in enantioselective crystallization. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Diss., 2010; Magdeburg: docupoint-Verl.; XVI, 189 S.: Ill., graph. Darst.; 21 cm, ISBN 978-3-86912-034-8; 2010