

Forschungsbericht 2007

Institut für Apparate- und Umwelttechnik



Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik

Institut für Apparate- und Umwelttechnik

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 18573, Fax +49 (0)391 67 12129
iaut@vst.uni-magdeburg.de

1. Leitung

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hauptmanns (geschäftsführender Leiter)

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl

Jun.-Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Heinrich

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Marcus Marx

Christine Bohnet (beratend)

2. Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hauptmanns

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl

Jun.-Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Heinrich

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Marcus Marx

Prof. i. R. Dr.-Ing. habil. Peter Käferstein

Doz. i. R. Dr.-Ing. Gerhard Krüger

3. Forschungsprofil

1. Einsatz von verschiedenen Brennstoffen in Wirbelschichten zur Vergasung und zur emissionsarmen Verbrennung in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut IFF Magdeburg
 - Untersuchung des Abbrand- und Emissionsverhaltens von festen Brennstoffen in Wirbelschichtfeuerungen
 - Untersuchung der Verbrennungsbedingungen, wie Brennkammertemperatur, Luftverhältnis und Luftführung, Additivzugabe und Optimierung aus verbrennungs- und emissionstechnischer Sicht
 - Schadstoffbildungsmechanismen, insbesondere die NO_x-Bildung
 - Wirbelschichtvergasung von biogenen Brenn- und Abfallstoffen zur Erzeugung eines in Gasmotoren nutzbaren Brenngases
 - Wirtschaftlichkeit der energetischen Nutzung von Biomassen
2. Minimierung der NO_x-Emissionen von gasbefeuerten Heizkesseln und thermisch hochbelasteten Feuerräumen
 - Entwicklung NO_x-armer Gasbrenner (Patent: COSTAIR-Brenner)
 - Optimierung von Brenner-Feuerraum-Geometrien durch Computersimulationen mittels 3-D-Komplexmodellen (FLUENT, PHOENICS)
 - Verbesserung der Verbrennungs-, Wärmeübertragungs- und NO-Bildungs-Modellierung
3. Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Wirbelschichtbehandlung (Trocknen, Granulieren, Agglomerieren, Coating, Rösten) von feststoffhaltigen Flüssigkeiten und körnigen Substanzen im Luft- und Heißdampfstrom
 - Nutzung von DEM-Simulationen zur Analyse der Fluidodynamik bei gleichzeitiger Granulation in einer blasenbildenden Wirbelschicht
 - Nutzung von DEM-Simulationen zur Analyse der Fluidodynamik in der Strahlschicht
 - Einsatz von faseroptischen Messverfahren in Wirbelschichten
 - Nichtlineare Dynamik der kontinuierlichen Wirbelschicht-Bindestrich-Sprühgranulation
 - Regelungskonzepte für kontinuierliche Wirbelschicht-Sprühgranulationsanlagen

- Deformations- und Bruchverhalten von kugelförmigen Granulaten bei Druck- und Stossbeanspruchung: Experiment und DEM-Simulation
 - Modellierung der Temperatur- und Konzentrationsfelder sowie die Aufstellung von Populationsbilanzen in flüssigkeitsbedühten Wirbelschichten an Versuchsanlagen DN 1500, 400 und 200
 - Modellierung diskontinuierlich ablaufender Prozesse in der Wirbelschicht (Aufheizen, Rösten, Kühlen, Trocknen) mit dem Fluidisierungsmedium Heißdampf und Luft
 - Modellierung des Prozesses der SO₂-Absorption in der Wirbelschicht und die experimentelle Verifizierung an der WS-Anlage DN 400
 - Modellierung des Zerfallsverhaltens von Partikeln in Wirbelschichten
 - Entwicklung neuer Strahlschichtapparaturen
 - Wirbelschicht-Verfahren zur schonenden Gewinnung pflanzlicher Wirkstoffe durch Anwendung tiefer Temperaturen
 - Untersuchungen zur Adsorption für die Trocknung temperaturempfindlicher Produkte (auch unter Vakuum)
 - Wirbelschicht-Extraktion von ätherischen und fetten Ölen
 - Experimentelle Untersuchung von membrangestützten Wirbelschicht-Reaktoren mit Katalysatoren
 - Untersuchung von Prozessen der Kaffeeröstung, -kandierung und -kühlung in der Wirbelschicht hinsichtlich Emissionen und Anlagenoptimierung
 - Durchführung von experimentellen Untersuchungen zur Trocknung, Granulation, Agglomeration und zum Coating im Industriauftrag
 - Entwicklung neuer Trocknungsverfahren mit interner Kälteerzeugung
4. Instrumentelle Schadstoffanalytik und Emissionsmesstechnik
5. Anlagensicherheit
- Unsicherheiten bei Ingenieurberechnungen
 - Entwicklung von Verfahren zur Beurteilung von Sicherheitsmanagement und -kultur
 - Sicherheitsgerichteter Anlagenentwurf
 - Probabilistische Methoden der Sicherheitsanalyse
 - Störfallfrüherkennung
 - Schnittstelle Mensch/Maschine
 - Experimentelle Ermittlung von Sicherheitskenndaten
 - Versorgungs- und Handhabungssicherheit dezentraler Elektroversorgungssysteme
 - Modellierung von Explosionen
 - Früherkennung von CO-Spitzen in Abgasen
 - Theoretische und experimentelle Arbeiten zur passiven Sicherheit

4. Forschungsprojekte

Projektleiter: Prof. Dr. Ulrich Hauptmanns

Projektbearbeiter: Prof. Hauptmanns

Kooperationen: BMU

Förderer: EU - Forschungsrahmenprogramm; 24.04.2004 - 30.04.2007

BMU-Vorhaben zum Safety Management im Rahmen von Shape Risk

SHAPE-RISK aims at optimising the efficiency of integrated risk management in the context of the sustainable development of the European process industry. The proposal addresses sustainable waste management and hazard reduction in production, storage and manufacturing. The main deliverable of the SHAPE-RISK process will be recommendations to design future cleaner and safer industrial systems. These recommendations will be discussed and endorsed by the Industry. And finally an agenda of actions, approved by Industry, will be done. The goal is to support life-cycle safety and minimisation of accident, pollution and emissions, from the producer of raw materials to the end-product delivered by the industrial installation. In operational terms, SHAPE-RISK aims at structuring a network with the organisations providing technical support to the Authorities in charge of the SEVESO II, IPPC and ATEX directives. ... [mehr](#)

Projektleiter: Prof. Dr. Ulrich Hauptmanns

Projektbearbeiter: Sascha Grünbeck

Förderer: Bund; 01.07.2006 - 31.12.2009

Früherkennung sich anbahnender Störungen zur Unterstützung von Kraftwerksoperatoren und als Beitrag zur Sicherheit

Die Entwicklung einer Vorgehensweise zur frühzeitigen Entdeckung sich anbahnender Störungen soll die Operateure eines Kernkraftwerkes unterstützen, sicherheitsrelevante Vorgängen so rechtzeitig zu erkennen, dass Anforderungen der Sicherheitssysteme, die bei weiterem ungehinderten Verlauf erfolgen würden, nicht notwendig sind. Damit wird ein wirkungsvoller Beitrag zur Sicherheit des Reaktorbetriebs geleistet, da ja die erwartete Häufigkeit eines Störfalls das Produkt der erwarteten Häufigkeit für den Eintritt auslösender Ereignisse und der Wahrscheinlichkeit für das Versagen der entsprechenden Barrieren ist. Im vorliegenden Fall ist es Ziel, die erwartete Eintrittshäufigkeit auslösender Ereignisse zu vermindern. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit geleistet.

Arbeitsziele des Vorhabens sind u. ... [mehr](#)

Projektleiter: Prof. Dr. Ulrich Hauptmanns

Projektbearbeiter: Alexander Bernhardt

Kooperationen: ÖSA Versicherungen Sachsen-Anhalt

Förderer: Sonstige; 01.04.2004 - 31.03.2007

Modellierung von Räumungsprozessen zur Optimierung von Fluchtmöglichkeiten aus Bauwerken

Betrachtet man Unglücke in Fußballstadien oder anderen Gebäuden, die durch eine schnelle und reibungslose Evakuierung vielleicht gelindert oder sogar vermieden werden können, macht es Sinn, sich intensiver mit Evakuierungen zu beschäftigen. Was passiert bei einer Massenflucht? Welche Faktoren, bauliche, menschliche, etc. spielen hier eine Rolle? Lässt sich ein solches System geschickt modellieren? Kann man es sogar optimieren? Lassen sich in Zukunft solche und ähnliche Unglücke vermeiden bzw. die Auswirkungen mildern? Diese und weitere Fragen werden in dieser Arbeit behandelt.

Projektleiter: Prof. Dr. Ulrich Hauptmanns

Projektbearbeiter: Prof. Hauptmanns

Kooperationen: BAM, DEMOKRITOS, INERIS, ISPEL, TNO, VITO

Förderer: EU - Forschungsrahmenprogramm; 22.04.2004 - 30.04.2007

SHAPE-RISK

SHAPE-RISK aims at optimising the efficiency of integrated risk management in the context of the sustainable development of the European process industry. The proposal addresses sustainable waste management and hazard reduction in production, storage and manufacturing. The main deliverable of the SHAPE-RISK process will be recommendations to design future cleaner and safer industrial systems. These recommendations will be discussed and endorsed by the Industry. And finally an agenda of actions, approved by Industry, will be done.

The goal is to support life-cycle safety and minimisation of accident, pollution and emissions, from the producer of raw materials to the end-product delivered by the industrial installation. In operational terms, SHAPE-RISK aims at structuring a network with the organisations providing technical support to the Authorities in charge of the SEVESO II, IPPC and ATEX directives.

This network organised in a Co-ordination Action will interact with the other stakeholders : Industry, the Public, representatives of Communities, International Organisation and NGOs. ... [mehr](#)

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Stefan Heinrich

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Oliver Gryczka

Förderer: DFG; 01.10.2006 - 31.12.2008

Investigation of the fluid dynamics and particle layering in spouted bed plant

Die mikroskopischen Bruchmechanismen und -gesetze, die in der ersten Förderperiode am Einzelpartikel und an einer Prallapparatur mit einem verdünnten Partikelstrom geringer Konzentration untersucht wurden, sind auf die Vorgänge in trockenen sowie flüssigkeitsbedüsten Gas/Feststoff-Wirbelschichten mit einer Partikelanzahl von bis zu 1015 Partikeln mit zahlreichen und zyklisch wiederkehrenden Partikel-Partikel- sowie Partikel-Apparatewand-Stößen bei unterschiedlichen Auftreffkräften zu erweitern. Dazu sind sowohl theoretische Modellierungs- sowie Simulationsarbeiten wie auch experimentelle Untersuchungen an bereits existierenden Wirbelschicht- und Strahlschichtanlagen des Institutes im halb- und großtechnischen Maßstab (5 kg bis 500 kg) unter Variation von Betriebsparametern wie Gasgeschwindigkeit, Temperatur, Verweilzeit, Schichtmasse und Partikeldurchmesser mit den Versuchsgütern aus dem ersten Antragszeitraum (-Al₂O₃, Zeolith, Köstrolith, Natriumbenzoat) sowie zusätzlichen Materialien durchzuführen.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Stefan Heinrich

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing Bert Lemin

Förderer: DFG; 01.02.2007 - 31.01.2010

Membrane assisted fluidized bed reactor: Hydrodynamics, heat transfer and reactor demonstration

Im Rahmen dieses Forschungsthemas werden an einer Wirbelschicht-Versuchsanlage Untersuchungen zur gezielten Beeinflussung chemischer Reaktionen durch örtlich verteilte Zuführung von Edukten in Katalysatorwirbelschichten durchgeführt. Zielstellung dabei ist es, Ausbeute und Selektivität von chemischen Reaktionen, die mehrere Reaktionswege besitzen, so zu beeinflussen, dass die Selektivität für die gewünschte Komponente bei möglichst hoher Ausbeute ein Maximum erreicht. Dabei sollen unterschiedliche apparative Konfigurationen der Wirbelschichtanlage und der in die Wirbelschicht eintauchenden Membranen untersucht und mit theoretischen Ansätzen verglichen und validiert werden.

Projektleiter: Jun. Prof. Dr. Stefan Heinrich

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Andre Sommer

Förderer: DFG; 01.10.2005 - 30.09.2008

Study of superheated steam granulation in fluidized beds

Der Einsatz von überhitztem Wasserdampf als Fluidisierungsmedium in Wirbelschichten eröffnet eine Reihe neuer Möglichkeiten insbesondere bei der Wirbelschichtgranulation bzw. bei der Erzeugung sphärisch aufgebauter Granulate oder beim Wirbelschichtcoating. Durch die unter diesen Bedingungen mögliche Führung des Lösungsmittels als Fluidisierungsmedium im geschlossenen Kreislauf kann die Anwesenheit von Luftsauerstoff ohne den Einsatz von Inertgasen im System völlig unterdrückt werden und gleichzeitig eine in den meisten Fällen umweltschädliche Gasemission völlig ausgeschlossen werden. Darüber hinaus kann nahezu alle für die Aufheizung des Lösungsmitteldampfes zugeführte Wärme durch Kondensation des Überschussdampfes unter günstigen Wärmeübergangsbedingungen vorteilhaft zurück gewonnen werden. ... [mehr](#)

Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Lothar Mörl

Förderer: DFG; 01.10.2005 - 30.09.2008

Untersuchung der Bruch- und Abriebmechanismen in Wirbelschichten mit/ohne Flüssigkeitseindüsung

Die mikroskopischen Bruchmechanismen und -gesetze, die in der ersten Förderperiode am Einzelpartikel und an einer Prallapparatur mit einem verdünnten Partikelstrom geringer Konzentration untersucht wurden, sind auf die Vorgänge in trockenen sowie flüssigkeitsbedüsten Gas/Feststoff-Wirbelschichten mit einer Partikelanzahl von bis zu 1015 Partikeln mit zahlreichen und zyklisch wiederkehrenden Partikel-Partikel- sowie Partikel-Apparatewand-Stößen bei unterschiedlichen Auftreffkräften zu erweitern. Dazu sind sowohl theoretische Modellierungs- sowie Simulationsarbeiten wie auch experimentelle Untersuchungen an bereits existierenden Wirbelschichtanlagen des Institutes im halb- und großtechnischen Maßstab (5 kg bis 500 kg) unter Variation von Betriebsparametern wie Gasgeschwindigkeit, Temperatur, Verweilzeit, Schichtmasse und Partikeldurchmesser mit den Versuchsgütern aus dem ersten Antragszeitraum (-Al₂O₃, Zeolith, Köstrolith, Natriumbenzoat) sowie zusätzlichen Materialien durchzuführen.

Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Lothar Mörl

Förderer: DFG; 01.10.2005 - 30.09.2008

Untersuchung der mechanischen Stabilität von mehrschichtigen nachgiebigen Partikeln in Wirbelschichten

Es sollen die Mikro-Makro-Übergänge der mechanischen Beanspruchung mehrschichtig ummantelter Partikel unter Berücksichtigung der Diffusions-, Trocknungs- und Reaktionsvorgänge untersucht, modelliert und numerisch simuliert werden, die in Wirbelschichten vorzugsweise zur Katalyse sowie zur Adsorption und Desorption eingesetzt werden. Insbesondere ist der Einfluss des Herstellungsprozesses durch Granulation, Agglomeration und Coating und damit des Partikelbaus (Porosität, Dichte, Schichtdicke, Fehlstellenverteilung) auf die mechanische Stabilität zu analysieren. Bezüglich der Verknüpfung mit Populationsbilanzen sind Bruchfunktionen bzw. Abriebwahrscheinlichkeiten (-koeffizienten) ableitbar. Dazu sind selektiv trennende Adsorber für Gasphasenreaktionen oder imprägnierte (VOx/ -Al₂O₃) bzw. ... **mehr**

Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Lothar Mörl

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Vera Miteva

Förderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt; 01.01.2007 - 31.12.2007

Untersuchung eines selbst Kälte erzeugenden umweltfreundlichen Trockners

Auf der Basis einer an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg angemeldeten und durch die Firma Dr. Weigel Anlagenbau Magdeburg GmbH apparativ realisierten patentrechtlich geschützten Lösung wird ein neues Trocknungsverfahren, bei dem die beim Trocknungsprozess abzuführende Verdampfungswärme zur Absenkung der Trocknungstemperatur bis unter die Null-grad Celsius-Grenze genutzt wird theoretisch modelliert und experimentell untersucht. Die neu Lösung ermöglicht es, thermolabile Produkte bei tiefen Temperaturen umweltschonend zu trocknen, ohne Kältemaschinen einsetzen zu müssen.

Projektleiter: Dr. Ekkehard Reimann

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Ekkehard Reimann; Dipl.-Ing. (FH) Michael Schmidt

Förderer: Haushalt; 01.03.2006 - 17.09.2007

Rauchgasanalyse und wissenschaftliche Bewertung

Messung/Bewertung charakteristischer Zustandsgrößen im Rauchgas von Feuerungsanlagen. Messgrößen (z.B.): Konzentrationen CO₂; CO; SO₂; NO; HCL, CnHm sowie Staubbeladung, Temperatur, Druck. Berechnete Größen (z.B.): Luftverhältnis, Abgasverlust, relative Konzentrationen zum Vergleich mit gesetzlichen Grenzwerten.

Projektleiter: Dr. Ekkehard Reimann

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Reimann; Dipl.-Ing.(FH)Schmidt

Förderer: Haushalt; 25.11.2002 - 17.09.2007

Untersuchungen zum

Asche-Schmelzverhalten ausgewählter fester Brennstoffe

1. Veraschung der Brennstoffproben 2. Formung eines speziellen Probekörpers aus der Asche 3. Messtechnische Ermittlung charakteristischer Temperaturen: (z.B: Erweichungstemperatur, Sphärischtemperatur, Halbkugeltemperatur, Fließtemperatur) 4. Meßbericht: Beschreibung der Messung sowie Darstellung/Interpretation der Ergebnisse

5. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Brzic, Danica; Ahchieva, Desislava; Peglow, Mirko; Heinrich, Stefan

An experimental study of the partial oxidation of ethane to ethylene in a shallow fluidized bed reactor

In: Srpsko Hemijsko Drustvo: Journal of the Serbian Chemical Society. - Belgrade: Soc., Bd. 72.2007, 2, S. 183-192;

Link unter URL

[Imp.fact.: 0.389]

Hampel, Robert; Heinrich, Stefan; Peglow, Mirko; Mörl, Lothar

Modellierung und experimentelle untersuchung der Wirbelschicht-Sprühgranulation im überhitzten Wasserdampf

In: Chemie - Ingenieur - Technik. - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 79.2007, 1/2, S. 82-90; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 0.407]

Hauptmanns, Ulrich

Boundary conditions for developing a safety concept for an exothermal reaction

In: Journal of hazardous materials. - Amsterdam: Elsevier, Bd. 148.2007, 1/2, S. 144-150; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.855]

Kumar, Jitendra; Peglow, Mirko; Warnecke, Gerald; Heinrich, Stefan

An efficient numerical technique for solving population balance equation involving aggregation, breakage, growth and nucleation

In: Powder technology. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 179.2007, S. 205-228; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.232]

Peglow, Mirko; Kumar, Jintendra; Hampel, Robert; Tsotsas, Evangelos; Heinrich, Stefan

Towards a complete population balance model for fluidized-bed spray agglomeration

In: Drying technology. - New York, NY [u.a.]: Dekker, Bd. 25.2007, 7/8, S. 1321-1329; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1.100]

Rosyd, O. A. ; Jablonski, Dariusz; Hauptmanns, Ulrich

Risk analysis for the infrastructure of a hydrogen economy

In: International journal of hydrogen energy. - Oxford: Elsevier, Bd. 32.2007, 15, S. 3194-3200; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 2.612]

Originalartikel in begutachteten nationalen Zeitschriften

Bernhardt, Alexander; Hauptmanns, Ulrich

Ereignisorientierte Simulation von Entfluchtungszenarien auf der Basis von Gebäudegraphen

In: Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes: VFDB-Zeitschrift. - Stuttgart: Kohlhammer, Bd. 4.2007, 4, S. 185-188

Hauptmanns, Ulrich

L'incertitude et l'évaluation des risques techniques

In: Préventique sécurité. - Bordeaux, Bd. 94.2007, 7/8, S. 30-34

Kabisch, Anne; Marx, Marcus; Kohlmeyer, Kathrin

Gefährdung sinnvoll ermitteln - Entwicklung einer geeigneten Analyseverfahren zur Ermittlung möglicher Gefährdungen und Gegenmaßnahmen sowie Implementierung der Vorgehensweise in das Arbeitsschutzmanagementsystem der Stadt Magdeburg. Teil

In: Technische Überwachung. - Düsseldorf: Springer-VDI-Verl., Bd. 48.2007, 11/12, S. 44-46

Krüger, Gerhard; Mörl, Lothar

50 Jahre verfahrenstechnische Forschung und Lehre in Magdeburg

In: Magdeburger Wissenschaftsjournal. - Magdeburg: Univ., Bd. 11.2006, 1/2, S. 51-62, 2007

Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen

Mörl, Lothar; Heinrich, Stefan; Peglow, Mirko

Fluidized bed spray granulation

In: Handbook of powder technology; Vol. 11: Granulation. - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, S. 21-188; Handbook of

powder technology; 11, 2007

Buchbeiträge

Gabel, Dieter; Hauptmanns, Ulrich

MC-simulation of autonomous energy supply systems using latin hypercube sampling

In: Risk, Reliability and Societal Safety; Vol. 2: Thematic topics. - London [u.a.]: Taylor & Francis, S. 1165-1168, 2007

Haida, Hartmut; Pudel, Sylvia; Behns, Wolfgang; Mörl, Lothar

Experimental investigations about the sparing drying of plant sprouts

In: Proceedings of the 5th Asia-Pacific Drying Conference; Vol. 2: - New Jersey [u.a.]: World Scientific, S. 946-953, 2007

Kumar, Jitendra; Peglow, Mirko; Warnecke, Gerald; Heinrich, Stefan; Tsotsas, Evangelos; Mörl, Lothar; Hounslow, Mike; Reynolds, Gavin

Numerical methods on population balances

In: Modern drying technology; Vol. 1: Computational tools at different scales. - Weinheim: WILEY-VCH, S. 209-260, 2007

Artikel in Kongressbänden

Antonyuk, Sergiy; Tomas, Jürgen; Heinrich, Stefan; Mörl, Lothar

Breakage behaviour of granules by impact

In: Proceedings // PARTEC 2007, International Congress for Particle Technology. - Nürnberg: Nürnberg Messe GmbH, insges. 4 S.

Hampel, Robert; Pegelow, Mirko; Kumar, Jitendra; Tsotsas, Evangelos; Heinrich, Stefan

Study of agglomeration kinetics in fluidized beds referring to the moisture content of particles

In: 3rd International Conference on Population Balance Modelling. - Univ. Laval, insges. 8 S., 2007

Habilitationen

Heinrich, Stefan

Modellierung von eigenschaftsverteilten Systemen der Feststoffverfahrenstechnik. - Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Verfahrens- und Systemtechnik, Habil.-Schr., 2007; [Link unter URL](#); Magdeburg: docupoint-Verl.; V, 172, [ca. 640] S.: Ill., graph. Darst.; 24 cm