



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-
UND SYSTEMTECHNIK

Forschungsbericht 2020

Institut für Verfahrenstechnik

INSTITUT FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. 49 (0)391 67 58643, Fax 49 (0)391 67 42028
anseidel@ovgu.de

1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Seidel-Morgenstern (geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl
Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Sommerfeld
Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Prof. Dr. Ir. Berend van Wachem

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Seidel-Morgenstern
Prof. Dr.-Ing. Udo Reichl
Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Sommerfeld
Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Prof. Dr. Ir. Berend van Wachem
Prof. Dr.-Ing. habil. Christof Hamel
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Fabian Denner
apl. Prof. Dr. rer. nat. habil. Heike Lorenz
Hon.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Peglow
PD Dr. rer. nat. habil. Yvonne Genzel

3. FORSCHUNGSPROFIL

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

- Untersuchung heterogen katalysierter Reaktionen
- Kopplung von Reaktion und Stofftrennung
- Membranreaktoren
- Chromatographische Trennverfahren
- Enantiomerentrennung

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

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

- Metaproteomics mikrobieller Gemeinschaften
3. Mechanische Verfahrenstechnik (Prof. Dr. Ir. Berend van Wachem)
- Partikeltechnologie
 - Mehrphasenströmungen
 - Numerische Mechanik
4. Mehrphasenströmungen (Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Sommerfeld)
- Mehrphasenströmungen
 - Partikeltechnologie
 - Numerische Mechanik
5. Systemverfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. K. Sundmacher)
- Modellgestützte Analyse, Synthese und Optimierung komplexer verfahrenstechnischer Prozesssysteme
 - Neue Methoden für die Prozesssynthese
 - Nachhaltige chemische Produktionsverfahren
 - Prozesse der chemischen Energiewandlung
 - Elektrochemische Prozesse
 - Algen-Biotechnologie
 - Synthetische Biosysteme
6. Thermische Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. E. Tsotsas)
- Trocknungstechnik
 - Wirbelschichttechnik
 - Partikelformulierung (Agglomeration, Granulation, Coating)
 - Strukturelle Charakterisierung (u.a. X-ray micro-CT)
 - Diskrete Modellierung (u.a. Porennetzwerke)

4. KOOPERATIONEN

- AstraZeneca GmbH, Wedel
- AVA - Anhaltische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH, Magdeburg
- BASF AG, Ludwigshafen
- Department of Mechanical Engineering der Universität Delaware (USA)
- Evonik AG, Hanau
- Fraunhofer IFF, Magdeburg
- Glatt Ingenieurtechnik Weimar
- Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig
- IDT Biologika GmbH, Dessau-Roßlau
- Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica, Lissabon (Portugal)
- IPT Pergande, Weißandt-Gölzau
- Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg
- Petrobras, Rio de Janeiro (Brasilien)
- Politecnico di Milano, Italien
- ProBioGen AG, Berlin
- Sartorius Stedim Biotech GmbH, Göttingen
- Shell, Den Haag (Niederlande)
- TU Berlin

- TU Dortmund
- TU Hamburg-Harburg
- Weierstraß-Institut, Berlin

5. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Prof. Dr. Udo Reichl
Projektbearbeitung: Dr. Dirk Benndorf
Förderer: Sonstige - 01.06.2017 - 30.04.2021

Biokatalysatoren in Bioreaktoren: Monitoring, Regelung und multikriterielle Optimierung von Biogasprozessen

Hauptziel des Vorhabens ist die Charakterisierung der mikrobiellen Stoffwechselaktivitäten in semi-kontinuierlich betriebenen Biogasreaktoren auf Basis vorrangig auftretender mikrobieller Proteine und Enzyme. Die Ergebnisse dieser Studie sollen zur Entwicklung von Strategien zur Unterstützung der Hydrolyse von nachwachsenden Rohstoffen (multikriterielle Optimierung) mittels der gezielten Zugabe von ergänzenden Enzymen pilzlichen Ursprungs komplementär zum bereits vorhandenen endogenen Hydrolysepotenzial dienen. Im Rahmen von Teilvorhaben II erfolgt die systemanalytische Begleitforschung zu den mikrobiellen Stoffwandlungsprozessen der im Teilvorhaben I stattfindenden Fermentationen. Ziel ist die Ermittlung der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften auf taxonomischer und funktioneller Ebene, das Monitoring von Veränderungen in der Struktur der mikrobiellen Gemeinschaften während der durchgeführten Fermentationen und der jeweiligen prozesstechnischen Variation sowie die Ermittlung von Veränderungen in der metabolischen Aktivität der mikrobiellen Gemeinschaft. Hierzu soll ein kombinierter Ansatz bestehend aus der kontinuierlichen Erfassung der mikrobiellen Populationsdynamik mittels DNA-basierten TRFLP-Fingerprints und punktuell erfolgreicher Charakterisierung der Zusammensetzung der mikrobiellen Lebensgemeinschaft und deren metabolischem Potential mittels hochauflösenden und kombinierten OMICS-Technologien angewandt werden. Durch den bioinformatischen Abgleich aller erhaltenen Datensätze soll ein funktionelles Netzwerk der Systemmikrobiologie erstellt werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Andreas Seidel-Morgenstern
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2018 - 31.12.2021

SFB-Transregio 63 Teilprojekt "Integrierte chemische Prozesse in flüssigen Mehrphasensystemen", TP A3 "Reaktionskinetik"

Die chemische Industrie steht vor der enormen Herausforderung, die Rohstoffbasis zur Herstellung chemischer Produkte aufgrund der Verknappung von Erdöl und Erdgas auf eine breitere Basis zu stellen und auch nachwachsende Rohstoffe einzubeziehen. Idealerweise sollten diese Rohstoffe derzeitige organische Basischemikalien substituieren, so dass die existierenden, hoch komplexen Netzwerke zur Herstellung chemischer Produkte weitgehend unverändert genutzt werden können. Diese Idealsituation ist gegenwärtig jedoch wegen fehlender, effizienter Produktionsprozesse noch eine Vision, wobei derzeit mehrere Rohstoffklassen bezüglich ihrer Eignung als Substituenten untersucht werden. Eine Klasse derartiger potenzieller Rohstoffe bilden langkettige Olefine. Mit dieser Stoffgruppe befasst sich dieser Sonderforschungsbereich. Langfristiges Ziel des gemeinsam mit der TU Berlin und der TU Dortmund bearbeiteten SFB-Projektes ist es, durch die Optimierung dieser Lösungsmittelsysteme diese für den Einsatz in mehrphasigen chemischen Produktionsprozessen nutzbar zu machen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Andreas Seidel-Morgenstern
Kooperationen: Syncom, Niederlande; Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Deutschland; University of Manchester, Großbritannien; ETH Zürich, Schweiz; Radboud University Nijmegen, Niederlande; University of Rouen, Frankreich; University of Strathclyde, Großbritannien; Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg
Förderer: EU - HORIZONT 2020 - 01.10.2016 - 30.09.2020

CORE - Continuous Resolution and Deracemization of Chiral Compounds by Crystallization

TRAININGSNETZWERK FÜR NACHWUCHSFORSCHER UNTERSUCHT CHIRALE ARZNEISTOFFE

Für die Auslegung, Optimierung und Regelung effizienter Prozesse zur Gewinnung hochwertiger Produkte benötigt die Industrie hochqualifizierte akademisch trainierte Experten und geeignete Werkzeuge. Das CORE-Netzwerk wird einen Beitrag zur Herstellung spezieller pharmazeutischer Wirkstoffe leisten und 15 Nachwuchsforscher ausbilden. Ziel ist es, neue Werkzeuge und Methoden zu entwickeln, um durch Einsatz kontinuierlich arbeitender Aufreinigungsverfahren (Continuous Resolution, CORE) pharmazeutisch wirksame chirale Moleküle bereitzustellen. Ziel des Netzwerks ist es, im interdisziplinären Feld der kontinuierlichen Enantiomerentrennung einen aus Wissen und organisatorischen Fähigkeiten bestehenden Kompetenzbaukasten aufzubauen. Die auszubildenden multidisziplinär wirkenden Naturwissenschaftler und Ingenieure werden durch ihr spezifischen Forschungsprojekte, Netzwerkveranstaltungen, Webinare, Managementaufgaben und eine Entsendung zu einer akademischen und industriellen Partnereinrichtung ein zielgerichtetes Training erfahren. Das Forschungsziel des CORE Netzwerks ist die gemeinsame Konstruktion eines CORE- Industriebaukastens für produktspezifische gezielte kontinuierliche Enantiomerentrennungen, um für die Industrie Werkzeuge der nächsten Generation, Vorgehensweisen und Methoden für die Prozessentwicklung zu erstellen. Die maßgeblich involvierten Industriepartner werden sicherstellen, dass der CORE-Industriebaukasten die Anforderungen erfüllt und Defizite der gegenwärtig eingesetzten Techniken überwindet.

CORE bringt acht akademische und sieben Industriepartner aus den Fachgebieten Verfahrenstechnik und Chemie zusammen. In Magdeburg sind Prof. Andreas Seidel-Morgenstern, Lehrstuhlinhaber Chemische Verfahrenstechnik sowie Prof. Heike Lorenz aus dem Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme im CORE-Netzwerk beteiligt. Prof. Seidel-Morgenstern wird zwei ausländische Nachwuchsforscher betreuen, die drei Jahre lang an der Universität an der praktischen Umsetzung und mathematischen Modellierung von Beispielprozessen forschen. An das MPI werden drei Nachwuchsforscher aus dem Netzwerk für zwei bis vier Monate entsendet, um für die Modellierung erforderliche thermodynamische und kinetische Parameter zu ermitteln und Prozessvalidierungen durchzuführen.

Das Projekt wird gefördert durch das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020 mit dem Marie Skłodowska-Curie Zuwendungsvertrag Nr. 722456.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Andreas Seidel-Morgenstern
Kooperationen: Hochschule Anhalt, Köthen, Prof. Dr. Christof Hamel
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2017 - 31.10.2020

Kontrolle und Intensivierung von Reaktionen durch Einsatz zyklisch betriebener Distributoren

Ziel des vorliegenden Projektes ist die Steigerung der Ausbeute von gewünschten Olefinen durch verteilte Reaktantendosierung mittels Membrandistributoren. In einem zyklisch betriebenen Distributor ist hierzu vorgesehen, die oxidative und die thermische Dehydrierung am industriell relevanten Modellsystem Propan zu untersuchen. Im Hinblick auf die Nutzung maximaler Synergieeffekte soll mit Hilfe eines integrierten Reaktors (autothermer Betrieb) eine stoffliche und energetische Kopplung erfolgen und diese anschließend bewertet werden. Die nachteilige Katalysatordeaktivierung bei der thermischen Dehydrierung soll in diesem Vorhaben mit Hilfe des zyklischen Betriebes kompensiert werden, da im Gegensatz zu etablierten Prozessen in jeder Phase der Apparat/Katalysator vollständig ausnutzt werden kann. Hierzu ist ein kontrollierter transmembraner Sauerstoffstrom, der sich temporär der Katalysatoraktivität anpasst, modellbasiert zu ermitteln. Die Kontrolle der Temperatur und der Geschwindigkeit der Reaktionsfronten im Apparat soll durch verteilte Dosierung effizient gestaltet werden. Vor diesem Hintergrund werden durch modellgestützte Untersuchungen (1D/2D)

die komplexen Temperatur- und Konzentrationsfelder abgebildet, um optimale Dosierprofile identifizieren als auch bewerten zu können (Kompatibilität von Reaktion und Membran). Eine experimentelle Validierung der zyklisch betriebenen Distributoren wird desintegriert unter stofflichen Gesichtspunkten und darauf aufbauend unter Verwendung der entwickelten Methoden vollintegriert mit stofflicher und energetischer Kopplung im Pilotmaßstab erfolgen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Martin Sommerfeld
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.09.2017 - 31.08.2020

Modellierung des Einflusses der Blasendynamik auf Bewegung, Stoffaustausch und chemische Reaktion

Im Rahmen des beantragten Forschungsvorhabens soll die Blasendynamik, also Formoszillationen und Taumelbewegung, bei der Beschreibung von Blasenbewegung, Stoffaustausch und chemischer Reaktion in Euler/Lagrange-Berechnungen von Blasenströmungen modelliert und validiert werden. Aufgrund der Blasendynamik vollführen die Blasen eine Taumelbewegung und die Phasengrenzfläche als auch die Strömungsverhältnisse in der Blasenumgebung werden kontinuierlich verändert. Dies erhöht schließlich auch die Verweilzeit der Blasen im Reaktor. Dadurch werden natürlich Stoffaustausch und Reaktionsraten deutlich verbessert. Bisher wurde der Einfluss der Blasendynamik weder bei Euler/Euler- noch bei Euler/Lagrange-Berechnungen von Blasenströmungen berücksichtigt. Derartige Modelle sollen daher im beantragten Vorhaben entwickelt werden. Damit wird das beantragte Forschungsvorhaben einen maßgeblichen Beitrag zur verbesserten numerischen Berechnung von reaktiven Blasenströmungen liefern.

Die Berechnungen der Fluidströmung wird mit einer Grobstruktursimulation (LES: large eddy simulations) unter Verwendung eines dynamischen Feinstrukturmodells (SGS: sub-grid-scale) durchgeführt. Dabei wird der Einfluss der Blasen sowohl in den Impulsgleichungen als auch bei der Modellierung der Feinstruktur turbulenz berücksichtigt (Turbulenzdämpfung und blaseninduzierte Turbulenz, BIT). Die Berechnung der Blasenbewegung erfolgt unter Berücksichtigung aller relevanten Kräfte ("Basismodell siehe Liao et al. 2015) und des Einflusses der Feinstruktur turbulenz auf den Blasen transport. Zusätzlich werden die Bedeutung der Basset-Kraft untersucht und verbesserte Wandwechselwirkungsmodelle entwickelt. Die Blasendynamik wird auf allen drei Ebenen der Modellentwicklung berücksichtigt, nämlich bei Blasenbewegung, Stoffaustausch und chemischer Reaktion. Die Dynamik der Blasen bei deren Bewegung wird durch die stochastische Variation der Exzentrizität und der Orientierung modelliert, wobei eine theoretisch entwickelte Oszillationszeit einfließt. Beim Stoffaustausch und der chemischen Reaktion wird die Blasendynamik (bzw. die Blasenform) in den Beziehungen für die Sherwood-Zahl und dem Verstärkungsfaktor berücksichtigt. Neben theoretischen Arbeiten werden diese Korrelationen durch Kooperation mit der AG Prof. Bothe (TU Darmstadt) auf der Grundlage von direkten numerischen Simulationen entwickelt. Durch Lagrangesche Simulationen soll weiterhin die Euler-Modellierung der Blasendynamik in der AG Dr. Rzehak (HZD-Rosendorf) unterstützt werden.

Die Dynamikmodelle für Blasenbewegung, Stoffaustausch und chemische Reaktion (unter anderen für das System Fe-NO) sollen schrittweise entwickelt und in OpenFOAM implementiert werden. In jedem Arbeitsschritt wird eine detaillierte Validierung der Simulationen anhand von experimentellen Daten aus dem SPP 1740 durchgeführt (z.B. AG Prof. Schlüter TU Hamburg-Harburg, AG Prof. Kraume TU Berlin, AG Prof. Hampel TU Dresden).

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.04.2019 - 31.03.2022

"Computergestützter Entwurf von stark eutektischen Lösungsmitteln für Trennprozesse zur Separation von Naturstoffen aus füssigen Gemischen"

The project focuses on the development of a model-based methodology for systematic component selection and process design for Deep Eutectic Solvents (DES) to be used as mass separation agents in liquid-liquid extraction of target molecules from natural product mixtures. The extraction of tocopherol (Vitamin E) from deodorizer distillate (tocopherol/ methylololeate), a valuable stream from the vegetable oil production, is taken as an example of practical relevance.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2018 - 31.12.2021

SFB/TR 63: Integrierte chemische Prozesse in flüssigen Mehrphasensystemen - TP B1: Optimale Reaktionsführung in flüssigen Mehrphasensystemen / 3. Förderperiode

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 wichtige Funktionen innerhalb des SFB/TR. Zum Einen wird eine Methodik für die optimale Reaktionsführung und die ideale Reaktorgestaltung als generische Fragestellung entwickelt. Zum Anderen werden konkrete Reaktorkonzepte für den im SFB/TR behandelten Hydroformylierungsprozess langkettiger Alkene in temperaturgesteuerten Lösungsmittelsystemen entworfen. Diese werden apparativ realisiert und hinsichtlich ihres reaktionstechnischen und strömungstechnischen Realverhaltens charakterisiert. Danach wird der resultierende optimale Reaktor in Kooperation mit dem Teilprojekt B5 in eine Mini-plant integriert, um das Reaktorverhalten im Gesamtprozess mit geschlossenen Rückführungsströmen zu untersuchen und robust auszulegen. Das Teilprojekt B1 übernimmt dabei eine wichtige Brückenfunktion für den SFB/TR, indem es alle drei Projektbereiche miteinander verknüpft.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Kai Sundmacher
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2018 - 30.09.2021

"Mehrskalen-Analyse und rationaler Entwurf von dynamisch betriebenen, integrierten Katalysator-Reaktor-Systemen für die Methanisierung von CO₂"

Power-to-Methane ist ein Konzept zur chemischen Speicherung von überschüssiger elektrischer Energie, die aus erneuerbaren Quellen, wie zum Beispiel Wind- und Solarkraft, gewonnen wird. Die überschüssige Energie dient hierbei zunächst zur Gewinnung von Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser. Der Wasserstoff wird anschließend mit Kohlenstoffdioxid, welches beispielsweise aus Kraftwerken, industriellen Prozessen (z. B. Stahl- und Zementindustrie) oder aus Biogasanalgen stammt, zu Methan katalytisch umgesetzt. Das erhaltene Methan kann in das vorhandene Erdgasnetz eingespeist werden oder als Ausgangsstoff für die chemische Industrie verwendet werden. Um große Zwischenspeicher zu vermeiden, ist es vorteilhaft die eingesetzten katalytischen Festbett-Reaktoren flexibel, entsprechend des vorhandenen Energieüberschusses, zu betreiben.

Die Auswirkungen der dynamischen Betriebsweise auf die eingesetzten Methanisierungs-Katalysatoren ist jedoch noch nicht ausreichend erforscht und verstanden. Allerdings ist bereits bekannt, dass die Katalysatorstruktur, welche dessen Aktivität und Stabilität in hohem Maße beeinflusst, von den vorhandenen Reaktionsbedingungen abhängt und sich zum Beispiel durch Phasenumwandlung und Sinterung verändern kann. Zusätzlich beeinflussen Speichergrößen, wie zum Beispiel die Wärmekapazität des Katalysators, die zeitliche Veränderung des Systems. Im Rahmen dieses Projekts erfolgt in Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig und dem Karlsruher Institut für Technologie eine dynamische Multiskalenanalyse und Modellierung der zugrundeliegenden chemischen und physikalischen Vorgänge vom aktiven Zentrum bis zur Reaktorskala. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen zum Entwurf eines neuartigen Katalysator-Reaktor-Systems dienen, welches in der Lage ist dauerhaft mit dynamischen Lastwechseln effizient betrieben zu werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Simson Rodrigues
Kooperationen: Dr. Nicole Vorhauer-Huget; Prof. Viktor Scherer, Ruhr-Universität Bochum
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 15.07.2020 - 14.06.2024

Contact heat transfer and heat conduction in packed beds of edged particles

A central parameter of thermal DEM is the particle-particle heat transfer coefficient during binary contacts. Contact heat transfer is always important when heat is transmitted from a wall to an ad-joining bed of particles in order to conduct thermochemical processes, but in presence of steep temperature profiles it can also be significant when heat is supplied from the gas phase. Despite of its central role, simplified models, the validity of which is questionable even in case of equally sized spheres, are used to calculate contact heat transfer. Any reliable background is missing in case of edged, polyhedral particles, despite of many applications in practice. The project aims at a new and more reliable way of predicting the heat transferred when particles come for a certain period of time in contact with each other from effective packed bed thermal conductivity. Therefore, effective packed bed thermal conductivity shall be investigated by experiments and simulations for a wide range of different polyhedral particles. This will enable the prediction of effective thermal conductivity and contact heat transfer not only for spheres but also for arbitrary materials that consist of polyhedron-like particles. In this frame, packed bed porosity and the relative area of flat interparticle contacts will also be derived from X-ray μ -CT imaging results and correlated with adequately defined particle form parameters. Moreover, interstitial packed bed morphology, including pore size variability, will be characterised. Ultimately, the research goal is to place the thermal part of the DEM on a scientifically well founded and technically easily usable basis for particles of any shape.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Rongyi Zhang
Kooperationen: Dr. Torsten Hoffmann; Dr. Maksim Mezhericher, Princeton University
Förderer: Stiftungen - Sonstige - 01.01.2018 - 31.10.2022

Coating of fine particles by aerosol and other techniques

Coating of very small particles in gas atmosphere at nearly ambient conditions is highly desirable but still a challenge in industry. Conventional spray fluidized bed (or similar) processes tend to extensive agglomeration when the core particles are too small. The process can, though, be shifted to smaller core particles when conducted with aerosol, instead of conventional spray droplets. Apart from fully coated particles, particulate products with interesting patterns of island surface growth can also be achieved in this way. Conventional sprays are also investigated, based on the idea of embedding single particles to be coated in single spray droplets.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Jiajie Du
Kooperationen: Dr. Torsten Hoffmann; Prof. Andreas Bück, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg
Förderer: Stiftungen - Sonstige - 01.09.2016 - 31.12.2020

Spray agglomeration in continuously operated horizontal fluidized beds

The project investigates the dynamics of continuous fluidized bed spray agglomeration in a horizontal fluidized apparatus. The focus lies on the processing of materials from food and feed industry, studying the influence of process conditions and apparatus geometry (internal baffles) on process behavior and product quality.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Lucas Briest
Kooperationen: Dr. Nicole Vorhauer-Huget; Institut für Ziegelforschung Essen e.V.;
Materialforschungs- und prüfanstalt, Bauhaus Universität Weimar
Förderer: BMWi/AIF - 01.01.2020 - 30.06.2022

Intermittierende Mikrowellentrocknung für die Ziegelindustrie

Bricks belong to the oldest building materials, but they are still in frequent use and of a great importance. Especially the drying of bricks is of key interest for energy savings and product quality. The new generation of industrial processes for the drying of bricks is prepared in this project, based on the intermittent use of microwaves in combination with conventional convective drying. The drying process is investigated by experiments and simulations in Magdeburg. We are cooperating closely with experts on clay materials and on microwave irradiation.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Xiaodan Yao
Kooperationen: Dr. Torsten Hoffmann; AVA - Anhaltische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH, Magdeburg; DDP Specialty Products Germany GmbH & Co. KG, Bomlitz; Dr. Wernecke Feuchtemesstechnik GmbH, Potsdam; BASF SE, Ludwigshafen; Evonik Technology & Infrastructure GmbH, Hanau; Glatt Ingenieurtechnik GmbH, Weimar; Granolis GmbH, Meiningen; IPT Pergande GmbH, Weißandt-Gölzau
Förderer: BMWi/AIF - 01.12.2020 - 31.05.2023

Granulation in der Sprühwirbelschicht mit Gasbeimischung zum Feed

We are exploring spray fluidized bed granulation (or coating) by mixing of inert gas (air) to the feed. In this way we are expecting to break path for new classes of particulate products, placed between spray dried powders and conventional spray fluidized bed granules. Easy handling of relatively large product particles shall be combined with fast reconstitution in water and with relatively high bulk density by the new technology.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Supriya Bhaskaran
Kooperationen: Dr. Nicole Vorhauer-Huget; Dr. Tanja Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg
Förderer: Sonstige - 01.11.2020 - 31.08.2023

Lattice Boltzmann modeling of gas-liquid distribution in anodic transport layer during water electrolysis

Transport phenomena in electrochemically relevant thin porous layers are key for the further development of environmentally friendly energy production technologies. In case of water splitting by electrolysis, wetting and drying of the anodic transport layer are of special importance. Those processes are here investigated by the Lattice Boltzmann method, which allows for computation on the real porous structure, reconstructed by micro-CT. The research is complementary to a parallel project that uses pore network modeling.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Wencong Wu, Dr. Kaicheng Chen
Kooperationen: Deutsche Industrie aus Exzellenscluster WIGRATEC (Glatt Ingenieurtechnik); niederländische Projektpartner (Bodec, Nestlé NL)
Förderer: Bund - 01.04.2019 - 31.03.2022

Advanced processing of mixed-ingredient food particles (ADMIX)

Aus mehreren Ingredienzien bestehende Lebensmittelpartikel werden heute noch durch Beimischung von Funktionszutaten in sprühgetrocknetes Pulver hergestellt. Neben anderen Eigenschaften ist die Homogenität des Produktes dabei wichtig. Um das Profil der Produkteigenschaften und die Prozesseffizienz zu verbessern, wird im Verbundprojekt des internationalen Exzellenzclusters einerseits die Kombination aus Sprühtrockner und Mischer verbessert. Andererseits werden hybride, auf Sprühwirbelschichten beruhende Technologien eingeführt. Schließlich wird eine neuartige, Sprühtrocknung und Sprühwirbelschicht in einem einzigen Apparat integrierende Technologie entwickelt und demonstriert.

An der Universität Magdeburg werden Mischer für Pulver unterschiedlicher Art und Form durch kleine, mittels der diskrete Elemente Methode (DEM) schnell simulierbare Partikelsysteme dargestellt. Solche Simulatoren sollen neue Möglichkeiten für die Auslegung von Mischprozessen eröffnen. Darüber hinaus werden Struktur und Zusammensetzung von Partikeln aus allen Produkten bildgebend sowie spektroskopisch charakterisiert. Die genannten Verfahrensalternativen werden im Hinblick auf Effizienz und Produktqualität vergleichend ausgewertet.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Farooq Hussain, MSc. Abhinandan Kumar Singh
Kooperationen: Kooperationen: Deutsche Industrie aus Exzellenzcluster WIGRATEC (Pergande Group); niederländische Projektpartner (Bodec, Agglomix); Dr. Maciej Jaskulski, TU Lodz
Förderer: Bund - 01.04.2019 - 31.03.2022

Combined agglomeration technology for food (COAGG)

Agglomerate sind wegen günstiger Instanteigenschaften von großem Interesse für die Lebensmittelindustrie. Diese werden heute vorwiegend durch Sprühtrocknung, gelegentlich auch in Sprühwirbelschichten hergestellt. Jeder dieser Prozesse wird im Verbundprojekt des internationalen Exzellenzclusters aufgewertet, um die Prozesseffizienz und das Eigenschaftsprofil der Produkte zu verbessern. Darüber hinaus wird eine neue Technologie eingeführt, die die genannten Einzelprozesse miteinander kombiniert. Untersuchungen werden sowohl mit Modellstoffen als auch mit hochwertigen Lebensmittelprodukten durchgeführt.

An der Universität Magdeburg werden im Rahmen des Verbundprojektes Apparate mit multiplen Sprays mittels Computational Fluid Dynamics simuliert. Dabei wird neben dem üblichen Zulaufmaterial eine Bindersubstanz so gesprüht, dass die Wechselwirkung zwischen den Sprays zu einem günstigen Agglomerationsergebnis führt. Die Struktur von Produktpartikeln wird mittels Röntgen-Mikrotomographie sowie Rasterelektronenmikroskopie bildgebend charakterisiert. Aus den Bildern werden Deskriptoren abgeleitet, die die Struktur der Produktpartikel beschreiben und mit Gebrauchseigenschaften korrelieren. Verfahrensalternativen werden in Hinblick auf Effizienz und Produktqualität vergleichend ausgewertet.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Maximilian Thomik
Kooperationen: Dr. Nicole Vorhauer-Huget; Prof. Petra Först, TU München; Prof. Harald Schuchmann, Hochschule Darmstadt
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 04.01.2019 - 31.03.2022

Pore network modeling of freeze drying on the basis of lyomicroscopic and tomographic measurements

Freeze drying is a necessary and common process in the manufacturing of high-value products, but it is also slow and expensive. Efforts to increase the efficiency push the process into regions, in which the solid scaffold of the product can soften and collapse. Such damaging events are always local and can thus not be captured by conventional continuum models, which are also otherwise limited in their predictive ability. Therefore, and for the first time, a pore network model capable of representing the microscale shall be developed for freeze drying in this project. The pore network will be three-dimensional and irregular. It will account for the local, pore-scale variation of heat and mass transport as well as of structure and properties of the drying body, with two-way coupling between heat transport and drying. Freezing experiments and experiments of subsequent freeze drying of aqueous sugar solutions in a lyomicroscope will guide model development. Freezing is a crucial step, because it creates around ice crystals of different size and shape the solid scaffold to be subsequently

dried. The morphology of the frozen or freeze dried material is evaluated on the basis of three-dimensional X-ray tomography data and used to generate realistic pore networks. Parameters of the pore network model are identified and the model is validated by freeze drying experiments conducted both outside and within the region of conditions that result in structural collapse.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Gerd Strenzke
Kooperationen: Dr. Torsten Hoffmann; Prof. Achim Kienle; Prof. Andreas Bück, Friedrich-Alexander
University Erlangen-Nuremberg
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt) - 01.11.2016 - 31.10.2022

Kontinuierliche Wirbelschichtsprühhagglomeration

In diesem Projekt wird die kontinuierliche Sprühhagglomeration in einstufigen Wirbelschichten untersucht. Ziel ist dabei die Herausarbeitung kinetischer Daten zum Prozess, sowie die Untersuchung des dynamischen Verhaltens und der erzielbaren Produktqualität in Abhängigkeit der Prozessbedingungen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Hashir Altaf
Kooperationen: Dr. Nicole Vorhauer-Huget; Dr. Tanja Vidakovic-Koch, MPI Magdeburg
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt) - 01.09.2019 - 31.08.2023

Pore network modeling of the anode porous transport layer of water electrolyzers

Transport and distribution of water in conjunction with the oppositely occurring transport of oxygen in the anodic porous transport layer (PTL) restrain crucially the performance of water electrolyzers. To remove such limitations pore network models of the PTL will be developed. Pore networks will first be generated (based on 3D X-ray μ -CT data) and validated for real materials. Then, systematic pore network simulations will be conducted to track modifications of the internal structure that would be beneficial for performance. Validation experiments will be provided by a joint experimental project. Discrete simulation results that can be used for deriving effective transport parameters for continuum modelling will be delivered to it.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Jari Roßberg
Kooperationen: Prof. Dr.-Ing. Marin Wolter, FEIT/OVGU, as leader of the SmartMES consortium;
Prof. Dr. Frank Beyrau, FVST/OVGU
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt) - 01.04.2017 - 31.03.2020

Intelligent Multi-Energy Systems (SmartMES)

Coupling elements between power, gas and heat networks are investigated and modelled from the process engineering point of view. Embedded in a consortium with electrical engineering, we are aiming at efficient and stable networks fed with regenerative energy forms.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Tariq Mahmood Hafiz
Kooperationen: Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani
Förderer: Stiftungen - Sonstige - 01.10.2017 - 30.09.2021

Pore network model for dynamic wetting of porous materials

Goal of this project is to essentially upgrade pore networks models that the group has developed for the wetting of porous materials. Wetting is of great importance for, e.g., the application properties of food components and the operability of electrodes. Simulation studies are accompanied by microfluidic experiments.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Abhinandan Kumar Singh
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2017 - 31.05.2020

Morphology of spray fluidized bed agglomerates

The working group was the first to develop stochastic microscale models for spray fluidized bed agglomeration. However, such models are either coarse in respect to agglomerate morphology or computationally very expensive (ballistic algorithms). This project explores new possibilities for tracking morphology at low computational cost during the process. Agglomeration is decisive for the instant properties of food and pharmaceutical products.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Daniel Pramudita
Förderer: Stiftungen - Sonstige - 01.04.2017 - 31.03.2021

Intensified processes for food and other materials

We are exploring high-temperature spray drying processes that can be used to produce various conventional products or fully new classes of dry nanoparticles. While anorganic materials are an obvious target, we are also exploring the production of organic materials (i.e. food components), which may be possible despite of high temperature due to the extremely short drying time.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Faez Ahmad
Kooperationen: Prof. Prat, IMFT Toulouse, Frankreich; Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2017 - 31.08.2020

Advanced drying theory of capillary porous media from high-performance-computing pore network simulations

Drying of porous media is central to many environmental and engineering applications. In this context, this project aims at performing a major breakthrough in the modelling of the drying process in capillary porous media. The work is based on a combination of state of the art pore network modelling, pore network simulations and new experiments.

Two- and three-equation continuum models are developed taking into account the non-local equilibrium condition of the vapour and from the distinction between the percolating and non-percolating liquid clusters. The secondary capillary structures corresponding to the liquid trapped in various geometrical singularities of the pore space is characterised experimentally and from numerical simulations and taken into account as a distinct and specific phase in the continuum models.

The pore network models are developed so as to perform high performance computing (HPC) simulations, which

is necessary to meet the length scale separation constraints allowing the computation of continuum model parameters from pore network simulations.

Experiments of drying with a dissolved species (salt) are performed in order to obtain additional validation of the pore network and continuum models developed in the project, noting that situations where a dissolved species is present in the liquid are of paramount importance in many applications. In the present project, the formation and distribution of salt crystallisation spots are used as key validation factors of the models and as physical signatures of the drying process, especially as regards the impact of the secondary capillary structures developing during drying.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Ibtihaj Khurram Faridi
Kooperationen: Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani; Fraunhofer IFF, Magdeburg, Dr. Wolfram Heineken
Förderer: Stiftungen - Sonstige - 01.11.2018 - 31.10.2021

Machine learning applications to process equipment

The use of modern machine learning and artificial intelligence methods in process engineering is investigated. This is done exemplarily for drying applications, especially for droplet spray drying. Moreover, combustion of biomaterials in fluidized bed equipment is analyzed by using both, experimental and synthetic (computational fluid dynamics) data.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas
Projektbearbeitung: MSc. Manuel Janocha
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.09.2018 - 31.08.2021

Layer buildup and structure from single deposited droplets

This project replicates experimentally in a droplet-by-droplet manner how layers are successively built from drying droplets that contain solid material. Contour and porosity are measured incrementally during layer buildup by means of white interferometry. Salt solutions, nanosuspensions and microsuspensions are investigated for different drying conditions. Purpose of the project is to elucidate the principles of granulation and coating.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 15.07.2020 - 14.07.2023

Akustisch getriebene Wolkenkavitation beschichteter Mikroblasen

Akustische Kavitation, d.H. das druckgetriebene Verhalten von Blasen in einer flüssigen Umgebung, wird in einer Vielzahl von technischen Anwendungen, die von Ultraschallreinigung bis zu beschichteten Mikroblasen als Ultraschallkontrastmittel (UKM) in der medizinischen Bildgebung reichen, eingesetzt. Insbesondere die akustische Kavitation von UKM-Mikroblasen, die mit einer Phospholipid-Einzelschicht oder Proteinschicht benetzt sind, hat zu einer stetig wachsenden Anzahl diagnostischer und therapeutischer biomedizinischer Anwendungen geführt, einschließlich der gezielten Arzneimittelverabreichung und neuartiger Krebsbehandlungen. Trotz eines umfangreichen Fundus an Literatur über die akustische Kavitation von Mikroblasenwolken gibt es nach wie vor noch kein umfassendes Verständnis des Verhaltens von Wolken von beschichteten Mikroblasen in einem akustischen Feld. Insbesondere ein detailliertes Verständnis der Druck-, Geschwindigkeits- und Temperaturverteilung als Ergebnis des Kollapses der Blasenwolke ist für die Sicherheit und den Erfolg der Behandlung in biomedizinischen Anwendungen von entscheidender Bedeutung, wurde jedoch noch nicht systematisch untersucht. Vor diesem Hintergrund sind die Hauptziele des vorgeschlagenen Projekts (i) eine detaillierte Analyse des Drucks und der Temperatur in der Nähe kollabierender Mikroblasenwolken und (ii) ein umfassender Vergleich der akustischen Wolkenkavitation von unbeschichteten und beschichteten Mikroblasen,

was gemeinsam den Grundstein für eine sicherere und effizientere Nutzung der akustischen Kavitation in biomedizinischen Anwendungen legen wird. Um diese Forschung zu ermöglichen, werden wir im Rahmen eines Euler-Lagrange-Algorithmus neue numerische Berechnungsmethoden entwickeln, die den Stand der Technik erweitern, indem aktuelle Einschränkungen hinsichtlich der Blasengröße beseitigt und die Temperaturvorhersage in Flüssigkeiten erheblich verbessert werden. Insbesondere für biomedizinische Anwendungen erwarten wir, dass solche numerische Methoden ein wertvolles Forschungsinstrument darstellen, das Experimente ergänzen kann.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner
Projektbearbeitung: Prof. Dr. Berend [Projektleiter][96889], van Wachem
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2019 - 30.06.2022

Nichtlineare Kapillarsysteme mit tensidebeladenen Grenzflächen

Theoretische Studien der physisch-chemischen Hydrodynamik von Kapillarsystemen mit Tensiden haben sich bisher vorzugsweise auf das lineare Regime konzentriert, was diese Studien auf kleine Obflächenamplituden, diffusionsdominierten Transport von unlöslichen Tensiden und kleine Reynoldszahlen beschränkt. Ein ausführliches Verständnis des Einflusses von tensidebeladenen Grenzflächen mit endlicher Amplitude und der Adsorptionskinetik von löslichen Tensiden, welche für Anwendung im Bioingenieurwesen bis hin zu Fertigungsverfahren von direkter Bedeutung sind, ist daher nicht vorhanden. Das vorgeschlagene Forschungsprojekt untersucht das nichtlineare Verhalten von tensidebeladenen Kapillarsystemen, wobei es sich auf die Dispersion und Dämpfung von Kapillarwellen mit endlicher Amplitude, sowie auf die Entwicklung und Stabilisierungsmechanismus von Einzelwellen auf flüssigen trägheitsdominierten Fallfilmen, unter dem Einfluss von unlöslichen und löslichen Tensiden konzentriert. Dies wird ein detailliertes Verständnis der Wechselwirkung von unlöslichen und löslichen Tensiden mit oberflächenspannungsdominierten Grenzflächenbewegungen, sowie deren Effekt auf die Entwicklung und Dämpfung von Grenzflächenwellen, in einem weiten Bereich von Längenskalen für visko-kapillare und trägheitsdominierte Strömungen beisteuern. Um diese Strömungen zu untersuchen werden wir neue numerische Methoden zur Simulation von Grenzflächenströmungen mit löslichen Tensiden im Rahmen der Kontinuumsmechanik entwickeln, welche gemeinsam mit modernen numerischen Berechnungsprogrammen ein rationales computergestütztes Rechenmodell für die genaue Modellierung von unlöslichen und löslichen Tensiden bereitstellt.

Projektleitung: Dr.-Ing. Robert Heyer
Förderer: Bund - 01.12.2019 - 28.02.2021

Integrated Cycles for Urban Biomass (ICU): Optimierung von Biomasseströmen und -verwertungswegen in urbanen Wohngebäuden mit dem Ziel einer CO₂-neutralen Stadt

Um der fortschreitenden globalen Erwärmung erfolgreich entgegenwirken zu können, ist es zwingend notwendig, eine CO₂-neutrale Gesellschaft basierend auf nachhaltigen Wertschöpfungskreisläufen zu etablieren. Allerdings fehlen derzeit noch CO₂-neutrale Konzepte für die Versorgung mit Lebensmitteln und Entsorgung bzw. Nutzung der biogenen Reststoffe.

Ein Ansatz dafür wäre es, die in Gebäuden anfallende Biomasse zu recyceln und die Produktion der Lebensmittel wenigstens teilweise direkt in die Stadt und die Gebäude zu integrieren. Dabei werden die von Menschen generierten biogenen Reststoffe im "Technikum" des Hauses anaerob durch eine Biogasanlage zu Methan und CO₂ abgebaut. Methan wiederum kann in einem hausinternen Blockheizkraft zur Bereitstellung von Strom und Wärme genutzt werden. Der verbleibende Gärrest wird als Nährstofflieferant verwendet, um auf Häuserdächern oder hausinternen Gewächshäusern Obst und Gemüse anzubauen. Um beim Anbau der Pflanzen möglichst große Erträge zu erreichen, könnten die Pflanzen direkt in Nährlösungen angebaut werden (hydroponische Kultur). Allerdings muss bei dieser Prozessführung getestet werden, ob sich im Gärrest enthaltene Verbindungen hemmend auf das Pflanzenwachstum auswirken und ob Ammonium und andere (organische) Nährstoffverbindungen für die Pflanzen nutzbar sind oder erst durch Mikroorganismen (an den Wurzeln) umgewandelt werden müssen. Der Vorteil dieses lokalen Biomasserecyclings ist, dass die vorhandenen Biomasseströme optimal genutzt.

Voraussetzung um diese Vision umzusetzen, ist die vorherige Evaluierung der wirtschaftlichen, energetischen, stofflichen, technischen, juristischen und hygienischen Aspekte des Konzepts und die Abschätzung möglicher Potentiale. Diese soll im Rahmen der hier beantragten Machbarkeitsstudie durchgeführt werden.

Projektleitung: Dr.-Ing. habil. Abdolreza Kharaghani
Projektbearbeitung: MSc. Xiang Lu
Kooperationen: Prof. Viktor Scherer, Ruhr-Universität Bochum
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2020 - 30.06.2024

Adaptive pore network modelling of thermochemical processes in single porous particles

A single particle model with high accuracy is central to DEM/CFD simulations of a bed packed with a population of thermally-thick solid particles and exposed to a thermal process (such as drying) or a thermochemical process (such as calcination, pyrolysis, or combustion). A model as such must essentially account for heat and mass transfer within a single porous particle, morphological changes of its pore structure, chemical reactions and the connection to the particles fluid-solid surroundings. Project B4 aims at performing a major breakthrough in the modelling and simulation of these porescale phenomena at the level of a single particle and under realistic process conditions. This project will concentrate on microscopic discrete and macroscopic continuum modelling as well as on experimental characterisation of the drying and calcination processes. Discrete models will be developed based on first principles. Since the pore size will change over time due to thermal stress (shrinkage during drying) or chemical reactions (consumption of solid phase), the pore structure must be traced over time and updated accordingly. Full consideration of structural changes is one of the major advances that will be made with the help of adaptive discrete pore network models - a new family of discrete models. Model extensions shall be made to account for internal temperature gradients and unstructured networks with physically realistic pore structures. The interior pore structure and volumetric change of a particle will be characterised by techniques such as μ -CT imaging. Pore-scale phenomena are directly accessible by discrete models. This fact will be used to revisit the classical continuum models, taking inputs from representative discrete pore network simulations and feeding effective parameters to a macro-scale continuum model. To endow the continuum model with predictive capabilities, high-quality and trustworthy gravimetric measurements will be conducted for single particles in thermo-balance reactors under controlled conditions. On this basis, the classical continuum models will be upgraded and thus implemented in the DEM/CFD libraries after their model-order reduction.

Projektleitung: Dr.-Ing. habil. Abdolreza Kharaghani
Kooperationen: Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg; Prof. Avi Levy
Förderer: Stiftungen - Sonstige - 01.04.2020 - 31.03.2023

Enhancement of heat and mass transfer in low temperature drying of slurry droplets

This project aims to develop advanced models to predict the drying characteristics of single slurry droplets in the presence of soluble gases at low temperature and atmospheric pressure. The models will account for internal and external heat and mass transfer as well as species transport, both in the gas phase and inside the droplet and porous particle. To assess the model predictions, several sets of single slurry droplet experiments under various well-controlled process conditions will be carried out.

Projektleitung: Dr.-Ing. habil. Abdolreza Kharaghani
Kooperationen: Prof. Rui Wu; Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg
Förderer: Alexander von Humboldt-Stiftung - 01.01.2019 - 31.12.2021

Drying of porous media with continuous and discontinuous corner films

Liquid films in pore corners play an important role in the transport processes in porous media during drying. Two types of corner films can be identified: A continuous corner film is connected to a pore occupied by liquid, while a discontinuous one does not contact with any liquid-saturated pores. The continuous and discontinuous corner films can mutually shift their state during drying of porous media. This project aims to understand in detail the

transition between continuous and discontinuous corner films by experimental and numerical studies.

Projektleitung: Dr. Andreas Voigt
Kooperationen: Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg
Förderer: Haushalt - 01.11.2020 - 31.10.2021

Carbon Capture and Storage - Using mine tailings for long-time storage of Carbondioxide via carbonization

It will be investigated how to capture and store CO₂ in wastes from a mine operations, for example mine tailings from Montana, USA. Successful tests could help pave the way to avoid additional emissions from mining operations and potentially help remove CO₂ that is already in the atmosphere, helping to contribute to the fight against climate change.

Projektleitung: Dr. Andreas Voigt
Projektbearbeitung: MSc. Maren Huhle, MSc. Lucas Berns
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt) - 01.11.2019 - 30.04.2021

Moosaik - Luftreinigung durch Mooswände

Das Start-Up Moosaik wird basierend auf einer Konzeptstudie durch eine Masterarbeit im Bereich Nachhaltige Energiesysteme autonome Moospaneele planen, bauen und unter realen Anwendungsbedingungen testen. Diese Vorarbeiten sollen zur Gründung eines eigenständigen Unternehmens führen, das Systeme zur Luftreinigung durch vertikale Pflanzenpaneele für öffentliche Einrichtungen, Städte und Gemeinden, Unternehmen und Privatanwender anbietet.

6. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Ahmad, Faez; Talbi, Marouane; Prat, Marc; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza

Non-local equilibrium continuum modeling of partially saturated drying porous media - comparison with pore network simulations

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 228 (2020), article 115957;

[Imp.fact.: 3.871]

Altaf, Haashir; Tsotsas, Evangelos; Vidakovi-Koch, Tanja

Steady-state water drainage by oxygen in anodic porous transport layer of electrolyzers - a 2D pore network study

Processes: open access journal - Basel: MDPI, Vol. 8 (2020), 3, Artikelnr. 362, insgesamt 17 Seiten;

[Imp.fact.: 1.963]

Bachmann, Phillip; Chen, Kaicheng; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos

Prediction of particle size and layer-thickness distributions in a continuous horizontal fluidized-bed coating process

Particuology - Amsterdam: Elsevier, Vol. 50 (2020), insgesamt 12 Seiten;

[Imp.fact.: 2.616]

Bechtel, Simon; Bayer, Brian; Vidakovic-Koch, Tanja; Wisser, Artur; Vogel, Herbert; Sundmacher, Kai

Precise determination of LJ parameters and Eucken correction factors for a more accurate modeling of transport properties in gases

Heat and mass transfer: research journal - Berlin: Springer . - 2020;

[Imp.fact.: 1.551]

Coronel, Juliana; Gränicher, Gwendal; Sandig, Volker; Noll, Thomas; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo

Application of an inclined settler for cell culture-based influenza A virus production in perfusion mode

Frontiers in Bioengineering and Biotechnology - Lausanne: Frontiers Media, Volume 8 (2020), article 672, insgesamt 13 Seiten;

[Imp.fact.: 3.644]

Denner, Fabian; Evrard, Fabien; Wachem, Berend

Modeling acoustic cavitation using a pressure-based algorithm for polytropic fluids

Fluids - Basel: MDPI, Volume 5 (2020), issue 2, article 69, 16 Seiten;

Du, Jiajie; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos

Influence of process variables on spray agglomeration process in a continuously operated horizontal fluidized bed

Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 363.2020, S. 195-206;

[Imp.fact.: 3.413]

Engel, Sebastian; Liesche, Georg; Sundmacher, Kai; Janiga, Gábor; Thévenin, Dominique

Optimal tube bundle arrangements in side-fired methane steam reforming furnaces

Frontiers in energy research - Lausanne: Frontiers Media, Volume 8(2020), article 583346, 17 Seiten;

[Imp.fact.: 2.746]

Foerst, Petra; Gruber, Sebastian; Schulz, Michael; Vorhauer, Nicole; Tsotsas, Evangelos

Characterization of lyophilization of frozen bulky solids

Chemical engineering & technology: industrial chemistry, plant equipment, process engineering, biotechnology - Weinheim: Wiley-VCH Verl.-Ges., Bd. 43.2020, 5, S. 789-796;

[Imp.fact.: 1.543]

Frenzel, Falko; König-Mattern, Laura; Stock, Valerie; Voss, Linn; Paul, Maxi B.; Sieg, Holger; Braeuning, Albert; Voigt, Andreas; Böhmert, Linda

NanoPASS - an easy-to-use user interface for nanoparticle dosimetry with the 3DSDD model

Particle and fibre toxicology: pft - London: BioMed Central, Volume 17(2020), issue 1, article 45, 6 Seiten;

[Imp.fact.: 7.799]

Gruber, Sebastian; Vorhauer, Nicole; Schulz, Michael; Hilmer, Matthias; Peters, Jürgen; Tsotsas, Evangelos; Foerst, Petra

Estimation of the local sublimation front velocities from neutron radiography and tomography of particulate matter

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Vol. 211 (2020), Artikelnr. 115268, insgesamt 11 Seiten;

[Imp.fact.: 3.372]

Gränicher, Gwendal; Coronel, Juliana; Trampler, Felix; Jordan, Ingo; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo

Performance of an acoustic settler versus a hollow fiberbased ATF technology for influenza virus production in perfusion

Applied microbiology and biotechnology - Berlin: Springer . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 3.67]

Gränicher, Gwendal; Tapia, Felipe; Behrendt, Ilona; Jordan, Ingo; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo

Production of Modified Vaccinia Ankara virus by intensified cell cultures - a comparison of platform technologies for viral vector production

Biotechnology journal: BTJ ; systems & synthetic biology, nanobiotech, medicine - Weinheim: Wiley-VCH, 2020, Artikelnr. 2000024, insgesamt 10 Seiten;

[Online version of record before inclusion in an issue]

[Imp.fact.: 3.912]

Heyer, Robert Steven; Klang, Johanna; Hellwig, Patrick; Schallert, Kay; Kress, Philipp; Hülsemann, Benedikt; Theuerl, Susanne; Reichl, Udo; Benndorf, Dirk

Impact of feeding and stirring regimes on the internal stratification of microbial communities in the fermenter of anaerobic digestion plants

Bioresource technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, 314(2020), Artikel-Nummer 123679, 1 Online-Ressource, Illustrationen, Diagramme;

[Imp.fact.: 7.539]

Hilmer, Mathias; Peters, Jürgen; Schulz, Michaela; Gruber, Sebastian; Vorhauer, Nicole; Tsotsas, Evangelos; Foerst, Petra

Development of an experimental setup for in situ visualization of lyophilization using neutron radiography and computed tomography

Review of scientific instruments: a monthly journal devoted to scientific instruments, apparatus, and techniques - [S.l.]: American Institute of Physics, Vol. 91 (2020), 1, Artikelnr. 014102, insgesamt 6 Seiten;

[Imp.fact.: 1.587]

Himmel, Andreas; Sager, Sebastian; Sundmacher, Kai

Time-minimal set point transition for nonlinear SISO systems under different constraints

Automatica: a journal of IFAC, the International Federation of Automatic Control - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Pergamon Press, Volume 114 (2020), article 108806;

[Imp.fact.: 6.355]

Jiang, Zhaochen; Rieck, Christian; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos

Modeling of inter- and intra-particle coating uniformity in a Wurster fluidized bed by a coupled CFD-DEM-Monte Carlo approach

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Vol. 211 (2020), Artikelnr. 115289, insgesamt 18 Seiten;

[Imp.fact.: 3.372]

Kleineberg, Christin; Wölfer, Christian; Abbasnia, Amirhossien; Pischel, Dennis; Bednarz, Claudia; Ivanov, Ivan; Heitkamp, Thomas; Börsch, Michael; Sundmacher, Kai; Vidakovi-Koch, Tanja

Light-driven ATP regeneration in diblock/grafted hybrid vesicles

ChemBioChem: a European journal of chemical biology - Weinheim: Wiley-VCH . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.641]

Kupke, Sascha Young; Ly, Lam-Ha; Börno, Stefan Thomas; Ruff, Alexander; Timmermann, Bernd; Vingron, Martin; Haas, Stefan; Reichl, Udo

Single-cell analysis uncovers a vast diversity in intracellular viral defective interfering RNA content affecting the large cell-to-cell heterogeneity in influenza A virus replication
Viruses - Basel: MDPI, 12 (2020,1), Artikelnummer 71, 19 Seiten;
[Imp.fact.: 3.811]

Le, K. H.; Tran, T. T. H.; Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos

Modeling of superheated steam drying of wood particles
Journal of mechanical engineering research and developments: JMERC - Cyberjaya, Selangor: Zibeline International Publishing, Bd. 43.2020, 1, S. 160-170;

Lee, Ju Weon; Kienle, Achim; Seidel-Morgenstern, Andreas

On-line optimization of four-zone simulated moving bed chromatography using an Equilibrium-Dispersion Model: II. Experimental validation
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 226 (2020), article 115808;
[Imp.fact.: 3.372]

Lee, Ju Weon; Kienle, Achim; Seidel-Morgenstern, Andreas

On-line optimization of four-zone simulated moving bed chromatography using an equilibrium-dispersion model: I. Simulation study
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 225 (2020), article 115810;
[Imp.fact.: 3.372]

Liu, Daoyin; Song, Jialong; Ma, Jiliang; Chen, Xiaoping; Wachem, Berend

Gas flow distribution and solid dynamics in a thin rectangular pressurized fluidized bed using CFD-DEM simulation
Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 373.2020, S. 369-383;
[Imp.fact.: 4.142]

Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas

Separation processes to provide pure enantiomers and plant ingredients
Annual review of chemical and biomolecular engineering - Palo Alto, Calif.: Annual Reviews, Bd. 11.2020, S. 469-502;
[Imp.fact.: 9.569]

Lu, Xiang; Kharaghani, Abdolreza; Adloo, Hadi; Tsotsas, Evangelos

The Brooks and Corey capillary pressure model revisited from pore network simulations of capillarity-controlled invasion percolation process
Processes: open access journal - Basel: MDPI, Vol. 8 (2020), 10, Artikelnr. 1318, insgesamt 17 Seiten;
[This article belongs to the Special Issue "Fluid Dynamics, Multi Phase Flow, and Thermal Recovery Methods"]
[Imp.fact.: 2.753]

Lukas, Eduard; Roloff, Christoph; Wachem, Berend; Thévenin, Dominique

Experimental investigation of the grade efficiency of a zigzag separator
Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 369.2020, S. 38-52;
[Imp.fact.: 4.142]

McBride, Kevin; Sanchez Medina, Edgar Ivan; Sundmacher, Kai

Hybrid semi-parametric modeling in separation processes - a review
Chemie - Ingenieur - Technik: CIT - Weinheim: Wiley-VCH Verl. . - 2020;
[Online first]
[Imp.fact.: 1.075]

Mezhericher, Maksim; Rieck, Christian; Razorenov, Nikolay; Tsotsas, Evangelos

Ultrathin coating of particles in fluidized bed using submicron droplet aerosol

Particuology - Amsterdam: Elsevier . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.616]

Muniz, Marcelo; Sommerfeld, Martin

On the force competition in bubble columns - a numerical study

International journal of multiphase flow - Oxford: Pergamon Press, Volume 128 (2020), article 103256;

[Imp.fact.: 2.829]

Nikolay, Alexander; Grooth, Joris; Genzel, Yvonne; Wood, Jeffery A.; Reichl, Udo

Virus harvesting in perfusion culture - choosing the right type of hollow fiber membrane

Biotechnology & bioengineering - New York, NY [u.a.]: Wiley, 2020, insgesamt 13 Seiten;

[Online first]

[Imp.fact.: 4.002]

Nikoli, Daliborka; Seidel-Morgenstern, Andreas; Petkovska, Menka

Nonlinear frequency response analysis of forced periodic operations with simultaneous modulation of two general waveform inputs with applications on adiabatic CSTR with square-wave modulations

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 226 (2020), article 115842;

[Imp.fact.: 3.372]

Panda, Debashis; Paliwal, Shubhani; Sourya, Dasika Prabhat; Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos; Surasani, Vikranth Kumar

Influence of thermal gradients on the invasion patterns during drying of porous media - lattice Boltzmann method

Physics of fluids: devoted to the publication of original theoretical, computational, and experimental contributions to the dynamics of gases, liquids, and complex or multiphase fluids - [S.l.]: American Institute of Physics, Volume 32 (2020), 12, Artikel 122116, insgesamt 26 Seiten;

[Imp.fact.: 3.514]

Panda, Debashis; Supriya, B.; Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos; Surasani, Vikranth Kumar

Lattice Boltzmann simulations for micro-macro interactions during isothermal drying of bundle of capillaries

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Vol. 220 (2020), Artikelnr. 115634, insgesamt 18 Seiten;

[Imp.fact.: 3.372]

Rajendran, Arvind; Maruyama, Rafael Teruo; Landa, Héctor Octavio Rubiera; Seidel-Morgenstern, Andreas

Modelling binary non-linear chromatography using discrete equilibrium data

Adsorption: journal of the International Adsorption Society - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V . - 2020;

[Online first]

[Imp.fact.: 1.731]

Ramos, João R.; Rath, Alexander G.; Genzel, Yvonne; Sandig, Volker; Reichl, Udo

A dynamic model linking cell growth to intracellular metabolism and extracellular byproduct accumulation

Biotechnology & bioengineering - New York, NY [u.a.]: Wiley . - 2020, insges. 21 S.;

[Imp.fact.: 4.26]

Rexer, Thomas F. T.; Wenzel, Lisa; Hoffmann, Marcus; Tischlik, Sebastian; Bergmann, Christin; Grote, Valerian; Boecker, Simon Matthias; Bettenbrock, Katja; Schildbach, Anna; Kottler, Robert; Mahour, Reza; Rapp, Erdmann; Pietzsch, Markus; Reichl, Udo

Synthesis of lipid-linked oligosaccharides by a compartmentalized multi-enzyme cascade for the in vitro N-glycosylation of peptides

Journal of biotechnology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 322.2020, S. 54-65;

[Imp.fact.: 3.503]

Rieck, Christian; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos

Estimation of the dominant size enlargement mechanism in spray fluidized bed processes
AIChE journal/ American Institute of Chemical Engineers - Hoboken, NJ: Wiley, Vol. 66 (2020), 5, Artikelnr. e16920, insg. 18 Seiten;
[Imp.fact.: 3.463]

Rihko-Struckmann, Liisa; Oluyinka, Olalekan; Sahni, Aditya; McBride, Kevin; Facht, Melanie; Ludwig, Kristin; Sundmacher, Kai

Transformation of remnant algal biomass to 5-HMF and levulinic acid - influence of a biphasic solvent system
RSC Advances: an international journal to further the chemical sciences/ Royal Society of Chemistry - London: RSC Publishing, Bd. 42.2020, 10, S. 24753-24763;
[Imp.fact.: 3.119]

Seidel, Carsten; Jörke, A.; Vollbrecht, B.; Seidel-Morgenstern, Andreas; Kienle, Achim

Corrigendum to Kinetic modeling of methanol synthesis from renewable resources (Chem. Eng. Sci. 175 (2018) 130138)
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 223 (2020), article 115724;
[Imp.fact.: 3.372]

Singh, Abhinandan Kumar; Tsotsas, Evangelos

A tunable aggregation model incorporated in Monte Carlo simulations of spray fluidized bed agglomeration
Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 364.2020, S. 417-428;
[Imp.fact.: 3.413]

Song, Zhen; Hu, Xutao; Wu, Hongyi; Mei, Mingcan; Linke, Steffen; Zhou, Teng; Qi, Zhiwen; Sundmacher, Kai

Systematic screening of deep eutectic solvents as sustainable separation media exemplified by the CO₂ capture process
ACS sustainable chemistry & engineering/ American Chemical Society - Washington, DC: ACS Publ., Bd. 8.2020, 23, S. 87418751;
[Imp.fact.: 7.632]

Song, Zhen; Shi, Huaiwei; Zhang, Xiang; Zhou, Teng

Prediction of CO₂ solubility in ionic liquids using machine learning methods
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 223 (2020), article 115752;
[Imp.fact.: 3.372]

Strenzke, Gerd; Dürr, Robert; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos

Influence of operating parameters on process behavior and product quality in continuous spray fluidized bed agglomeration
Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 375.2020, S. 210-220;
[Imp.fact.: 3.413]

Tada, Érika Fernanda Rezendes; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos; Thoméo, Joo Cláudio

Mass transport in a partially filled horizontal drum - modelling and experiments
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Vol. 214 (2020), Artikelnr. 115448, insgesamt 18 Seiten;
[Imp.fact.: 3.372]

Uebbing, Jennifer; Rihko-Struckmann, Liisa; Sager, Sebastian; Sundmacher, Kai

CO₂ methanation process synthesis by superstructure optimization
Journal of CO₂ utilization - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, 20 (2020), Article 101228, insgesamt 15 Seiten;
[Imp.fact.: 5.993]

Vogel, Sven K.; Wölfer, Christian; Ramirez-Diaz, Diego A.; Flassig, Robert; Sundmacher, Kai; Schwille, Petra

Symmetry breaking and emergence of directional flows in minimal actomyosin cortices
Cells: open access journal - Basel: MDPI, Volume 9 (2020), issue 6, article 1432, 10 Seiten;
[Imp.fact.: 4.366]

Vorhauer-Huget, Nicole; Altaf, Haashir; Dürr, Robert; Tsotsas, Evangelos; Vidakovi-Koch, Tanja

Computational optimization of porous structures for electrochemical processes
Processes: open access journal - Basel: MDPI, Vol. 8 (2020), 10, Artikelnr. 1205, insgesamt 21 Seiten;
[Imp.fact.: 2.753]

Vorhauer-Huget, Nicole; Mannes, David; Hilmer, Mathias; Gruber, Sebastian; Strobl, Markus; Tsotsas, Evangelos; Foerst, Petra

Freeze-drying with structured sublimation fronts - visualization with neutron imaging
Processes: open access journal - Basel: MDPI, Vol. 8 (2020), 9, Artikelnr. 1091, insgesamt 12 Seiten;
[Imp.fact.: 2.753]

Wachem, Berend; Thalberg, Kyrre; Nguyen, Duy; Martin de Juan, Luis; Rimmelgas, Johan; Niklasson-Bjorn, Ingela

Analysis, modelling and simulation of the fragmentation of agglomerates
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 227 (2020), article 115944;
[Imp.fact.: 3.871]

Wu, Rui; Zhang, Tao; Ye, Chao; Zhao, C. Y.; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza

Pore network model of evaporation in porous media with continuous and discontinuous corner films
Physical review fluids - College Park, MD: APS, 5 (2020), 1, article 014307, insgesamt 21 Seiten;
[Imp.fact.: 2.442]

Yang, Ao; Su, Yang; Teng, Liumei; Jin, Saimeng; Zhou, Teng; Shen, Weifeng

Investigation of energy-efficient and sustainable reactive/pressure-swing distillation processes to recover tetrahydrofuran and ethanol from the industrial effluent
Separation and purification technology: a merger of Separations technology and Gas separation & purification - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 250 (2020), article 117210;
[Imp.fact.: 5.107]

Zhang, Lanyue; Jiang, Zhaochen; Weigler, Fabian; Herz, Fabian; Mellmann, Jochen; Tsotsas, Evangelos

PTV measurement and DEM simulation of the particle motion in a flighted rotating drum
Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 363.2020, S. 23-37;
[Imp.fact.: 3.413]

Zhang, Rongyi; Hoffmann, Torsten; Tsotsas, Evangelos

Novel technique for coating of fine particles using fluidized bed and aerosol atomizer
Processes: open access journal - Basel: MDPI, Volume 8(2020), issue 12, article 1525, 18 Seiten;
[Imp.fact.: 2.753]

Zhang, Tao; Wu, Rui; Zhao, C. Y.; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza

Capillary instability induced gas-liquid displacement in porous media - experimental observation and pore network model
Physical review fluids - College Park, MD: APS, Vol. 5(2020), 10, article 104305, insgesamt 21 Seiten;
[Imp.fact.: 2.442]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Ahrens, Robin; Lakdawala, Zahra; Voigt, Andreas; Wiedmeyer, Viktoria; John, Volker; Le Borne, Sabine; Sundmacher, Kai

Numerical methods for coupled population balance systems applied to the dynamical simulation of crystallization processes

Dynamic flowsheet simulation of solids processes - Cham: Springer Nature Switzerland AG 2020, 2020; Heinrich, Stefan . - 2020, S. 475-518;

Keßler, Tobias; Kunde, Christian; Linke, Steffen; McBride, Kevin; Sundmacher, Kai; Kienle, Achim

Computer aided molecular design of green solvents for the hydroformylation of long-chain olefines

30th European Symposium on Computer Aided Chemical Engineering/ European Symposium on Computer Aided Chemical Engineering - Amsterdam: Elsevier, 2020; Pierucci, Sauro . - 2020, S. 745-750;

[Symposium: ESCAPE30, May 24-27, 2020, Milan, Italy]

Lehr, Annemarie; Janiga, Gábor; Seidel-Morgenstern, Andreas; Thévenin, Dominique

CFD simulation of a solid-liquid counter-current screw extractor

Computer aided chemical engineering - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, 1997, Bd. 48.2020, S. 223-228;

[Symposium: 30th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 30.08. - 02.09.2020, virtual]

Neugebauer, Christoph; Diez, Eugen; Mielke, Lisa; Palis, Stefan; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos; Kienle, Achim; Heinrich, Stefan

Dynamics of spray granulation in continuously operated horizontal fluidized beds

Dynamic flowsheet simulation of solids processes - Cham: Springer Nature Switzerland AG 2020, 2020; Heinrich, Stefan . - 2020, S. 67-107;

[Chapter 3]

HERAUSGEBERSCHAFTEN

Schmidt-Traub, Henner; Schulte, Michael; Seidel-Morgenstern, Andreas

Preparative chromatography

Weinheim: Wiley-VCH, 2020, Third edition, xxviii, 620 Seiten, Illustrationen

HABILITATIONEN

Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]

Drying and wetting of capillary porous materials - insights from imaging and physics-based modeling

Magdeburg, 2020, xiii, 141 Blätter, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Blatt 128-141]

DISSERTATIONEN

Bachmann, Philipp; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]; Mörl, Lothar [AkademischeR BetreuerIn]

Verweilzeitverhalten von partikulären Gütern in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichttrinnen am Beispiel von Trocknung und Coating

Magdeburg, 2020, XVI, 171 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 157-165]

Chen, Kaicheng; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]

Modeling and validation of particle drying and coating in a continuously operated horizontal fluidized bed

Magdeburg, 2020, xvii, 133 Seiten, Diagramme, 21 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 112-125]

Hoffmann, Marcus; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]; Rapp, Erdmann [AkademischeR BetreuerIn]

In-depth mass spectrometry-based glycoproteomics - advances in sample preparation, measurement and data-analysis of glycoproteins
Magdeburg, 2020, XI, 141 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 118-133]

Jiang, Zhaochen; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]; Thévenin, Dominique [AkademischeR BetreuerIn]

Experimental and simulation studies of mesoscale phenomena in gas-solid fluidized beds PTV and CFD-DEM
Magdeburg, 2020, x, 248 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 199-221]

Kupke, Sascha Young; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]

Single-cell analysis of influenza A virus replication - sources of cell-to-cell heterogeneity and discovery of a novel type of defective interfering particle
Magdeburg, 2020, XV, 155 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 122-136]

Nikolay, Alexander; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]

Intensified yellow fever and Zika virus production in animal cell culture
Magdeburg, 2020, XV, 175 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 139-157]

Ricardo, Guilherme Antônio Novelletto; Sommerfeld, Martin [AkademischeR BetreuerIn]

Studies of erosion in gas-solid flows by using experimental and numerical techniques
Magdeburg, 2020, XXXVII, 216 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 205-216]

Rieck, Christian; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]

Microscopic and macroscopic modeling of particle formation processes in spray fluidized beds
Magdeburg, 2020, XVII, 187 Seiten, Illustrationen;
[Literaturverzeichnis: Seite 179-183]

Russell, Alexander; Wachem, Berend [AkademischeR BetreuerIn]

On the mechanical behavior of coarse particulate products
Magdeburg, 2020, 142 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 117-132]

Trüe, Michael; Wachem, Berend [AkademischeR BetreuerIn]

Experimentelle und mathematische Evaluation der Mahlkörperbewegungen sowie der Krafteinwirkungen bei der Zerkleinerung von Graphitpartikeln und der Beschichtung von 3D-Druckpulvern mit Kohlenstoffnanoröhrchen in einer Scheibenschwingmühle
Barleben: docupoint GmbH, 2020, XVII, 171 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm - (docupoint Wissenschaft);
[Literaturverzeichnis: Seite 145-158]

Wiedmeyer, Viktoria; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]

Continuous crystallization in a helically coiled flow tube crystallizer
Magdeburg, 2020, XI, 123 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 105-114]

Zoun, Roman; Saake, Gunter [AkademischeR BetreuerIn]; Benndorf, Dirk [AkademischeR BetreuerIn]

Analytic cloud platform for near real-time mass spectrometry processing on the fast data architecture
Magdeburg, 2020, xiii, 132 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;
[Literaturverzeichnis: Seite 117-132]