



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

# Forschungsbericht 2019

Institut für Verfahrenstechnik

# INSTITUT FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67 58402, Fax 49 (0)391 67 41209  
anseidel@ovgu.de

## 1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.h.c. 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. Dr.h.c. 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  
apl. Prof. Dr. rer. nat. habil. Heike Lorenz  
Hon.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Peglow  
PD Dr. rer. nat. habil. Yvonne Genzel

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

1. Bioprozesstechnik (Prof. Dr.-Ing. U. Reichl)
  - Fermentationstechnik
  - Säugerzellen, Hefen, Bakterien
  - Aufarbeitungstechnik
  - Modellierung, Simulation und Optimierung von Bioprozessen
  - Prozessüberwachung und -regelung
  - Metaproteomics mikrobieller Gemeinschaften
2. Chemische Verfahrenstechnik (Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.h.c. A. Seidel-Morgenstern)
  - Untersuchung heterogen katalysierter Reaktionen
  - Kopplung von Reaktion und Stofftrennung
  - Membranreaktoren
  - Chromatographische Trennverfahren
  - Enantiomerentrennung

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, Jun.-Prof. Dr.-Ing. A. Bück, Hon.-Prof. Dr.-Ing. M. Peglow)

- 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 - Anhaltinische 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-Görlau
- 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.-Ing. Andreas Bück  
**Projektbearbeitung:** J. Du  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg  
**Förderer:** Sonstige - 01.09.2016 - 31.08.2019

### **Spray agglomeration in continuously operated horizontal fluidised beds**

The project investigates the dynamics of continuous fluidised bed spray agglomeration in a horizontal fluidised 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 behaviour and product quality.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück  
**Projektbearbeitung:** G. Strenzke  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg; Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.11.2016 - 28.10.2019

### **Kontinuierliche Wirbelschichtsprühagglomeration**

In diesem Projekt wird die kontinuierliche Sprühagglomeration 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. Andreas Bück  
**Projektbearbeitung:** L. Mielke  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Evangelos Tsotsas, OvGU Magdeburg; Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Prof. Heinrich, TU Hamburg-Harburg  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2017 - 30.06.2019

### **Modellierung des dynamischen Verhaltens der Sprühgranulation in kontinuierlich betriebenen Wirbelschichttrinnen**

In diesem Projekt wird die Sprühgranulation in Wirbelschichttrinnen betrachtet. Hier wird auf in Schwebefähigkeit befindliche Ausgangspartikel eine feststoffhaltige Flüssigkeit versprüht, die durch parallel ablaufende Trocknungsprozesse zur Bildung neuer Feststoffschichten und einem Partikelwachstum führen. Im kontinuierlichen Betriebsmodus werden dafür in der Industrie häufig horizontal aufgebaute Wirbelschichttrinnen mit länglichen Basisquerschnitt eingesetzt, die durch eine variable Anzahl von Wehren (Trennblechen) in mehrere Kammern unterschiedlicher Funktionalität (z.B. Granulation, Trocknung) unterteilbar sind. Ziel des Projektes ist die Erstellung populationsdynamischer Modelle zur Beschreibung der Einflüsse des Apparatedesign (Anzahl und Konfiguration der Wehre) und der Prozessbedingungen auf die Produktqualität, z.B. die Größenverteilung, die Fließfähigkeit, das Auflösungsverhalten, die Freisetzungsrates oder die Lagerstabilität. Aus den ermittelten Zusammenhängen sollen dann Rückschlüsse der Art gezogen werden, dass für eine vorgegebene Produktqualität die benötigten Prozessbedingungen und das Apparatedesign abgeleitet werden können ("inverse process design").

DFG SPP 1679, 3. Förderperiode

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Udo Reichl  
**Projektbearbeitung:** Dr. Dirk Benndorf  
**Förderer:** Bund - 01.12.2015 - 30.11.2019

### **Biogas-Messprogramm III - Teil 2: Systemmikrobiologie; Teilvorhaben 3: Enzymatische Biodiversität**

In Biogasanlagen bewirkt eine komplexe und dynamische mikrobielle Lebensgemeinschaft den anaeroben Aufschluss und Abbau der organischen Biomasse zu energiereichem, methanhaltigem Biogas. Der Großteil der beteiligten Mikroorganismen ist bislang jedoch noch unbekannt, ebenso ihr Einfluss auf die Abbaueffizienz und die Reaktorleistung.

Die in Deutschland betriebenen Biomasse-Biogasanlagen wurden bereits im Rahmen der Biogas-Messprogramme I und II systematisch hinsichtlich Leistung, Funktion, Betriebszuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht. Jedoch fehlt bislang eine ebenso systematische Erfassung der in Praxis-Biogasanlagen beheimateten Mikroflora.

Im Rahmen des Biogas-Messprogramms III soll daher ein Fokus der Arbeiten auf die Systemmikrobiologie der Biogasanlagen in Deutschland gelegt werden. Ziel ist die Aufklärung des Einflusses abiotischer Prozessparameter auf die mikrobiellen Lebensgemeinschaften in einem Biogasreaktor und deren Stoffwandlungseigenschaften.

Die Projektaktivitäten werden koordiniert von Dr. Dirk Benndorf (<https://forschung-sachsen-anhalt.de/pl/benndorf-84560>).

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Udo Reichl  
**Projektbearbeitung:** Dr. Dirk Benndorf  
**Förderer:** Sonstige - 01.06.2017 - 30.05.2020

### **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:** 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 ausgenutzt 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. 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. 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. Martin Sommerfeld  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2017 - 30.06.2019

### **Analyse und Modellierung der Beschichtung von Feststoffpartikeln**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen die Grundlagen und Modelle für die Kollision von Tropfen mit größeren Feststoffpartikeln und deren Beschichtung für numerische Berechnungen mit einem Euler/Lagrange Ansatz entwickelt werden. Dafür wird die Kollision von Flüssigkeitstropfen mit größeren Feststoffpartikeln experimentell durch bildgebende Messmethoden analysiert. In eine Tropfenkette werden Feststoffpartikel mit definierter Geschwindigkeit und Frequenz geschossen. Als Ergebnis einer Kollision sind Abprall, Deposition oder Zerteilen des Tropfens zu erwarten. Der Kollisionsvorgang wird mit Hochgeschwindigkeitskameras und einer kombinierten Beleuchtung bestehend aus LED-Feldern und Laser visualisiert. Die Kollisionsergebnisse werden durch Bildverarbeitungsmethoden ausgewertet.

Für alle relevanten Einflussparameter ist es erforderlich, zunächst den Ausgang der Kollision festzustellen und mit Hilfe der dimensionslosen Kennzahlen zusammenzufassen, z.B. durch den Zusammenhang zwischen Ohnesorge-Zahl und Auftreff-Reynolds-Zahl. Die zu untersuchenden Einflussgrößen sind das Größenverhältnis (Tropfen/Partikel), Tropfeneigenschaften (Viskosität, Oberflächenspannung), Partikeleigenschaften (Temperatur und Oberflächenrauigkeit), Auftreffgeschwindigkeit und insbesondere der Auftreffort des Tropfen auf dem Partikel (zentrischer und lateraler Aufprall). Bei den hier vorgesehenen Untersuchungen sind die Tropfen kleiner als die zu beschichtenden Partikel und die Flüssigkeit ist benetzend. All diese Einflüsse gilt es bei der Abgrenzung der Kollisionsregime zu berücksichtigen und entsprechende physikalisch basierte Korrelationen zu entwickeln. Für das Regime Zerteilen muss auch die entstehende Größenverteilung der erzeugten Feintropfen modelliert werden. Als nächster Schritt wird die auf dem Partikel entstehende Flüssigkeitsschicht, also Endfilmdicke und Ausdehnungsbereich, untersucht. Dazu wird die Beschichtungsflüssigkeit mit Farbstoff dotiert um eine bessere Unterscheidung von den Partikeln zu ermöglichen. Für die Entwicklung des Beschichtungsmodells müssen diese Größen in Abhängigkeit der Aufprallbedingungen, bzw. den relevanten dimensionslosen Kennzahlen, zusammengefasst und physikalisch basierte Korrelationen entwickelt werden.

Weiterhin werden theoretische Untersuchungen, basierend auf Energiebilanzen durchgeführt um den Kollisionsausgang beschreiben zu können. Die Ausbreitung des Flüssigkeitsfilms auf der Partikeloberfläche wird durch die Verwendung der Filmtheorie theoretisch analysiert.

Die erhaltenen Modelle, welche einen umfangreichen Parameterbereich und erstmalig auch einen lateralen Aufprall berücksichtigen, sollen so aufbereitet werden, dass sie für eine Lagrangesche Berechnung von technischen Beschichtungsprozessen genutzt werden können.

---

**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 example of practical relevance.

---

**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 CO<sub>2</sub>"**

*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 Biogasanlagen 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 Speichergößen, 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. Kai Sundmacher  
**Projektbearbeitung:** Dr. Andreas Voigt, Viktoria Wiedmeyer  
**Kooperationen:** TU Hamburg-Harburg; Weierstraß-Institut, Berlin  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2017 - 31.12.2019

### **Numerische Lösungsverfahren für gekoppelte Populationsbilanzsysteme zur dynamischen Simulation multivariater Feststoffprozesse am Beispiel der formselektiven Kristallisation**

Feststoffprozesse in der Verfahrenstechnik lassen sich durch Populationsbilanzsysteme beschreiben. Hierbei handelt es sich im Allgemeinen um ein gekoppeltes System von partiellen Differentialgleichungen zur Charakterisierung der kontinuierlichen Phase, und einer Populationsbilanzgleichung zur Beschreibung der Feststoffphase.

Im Rahmen dieses Projektes sollen in Kooperation mit dem WIAS-Berlin, sowie der TU Hamburg Harburg neue Verfahren zur effizienten und akkuraten Lösung solcher Populationsbilanzsysteme entwickelt werden. Dies soll am Beispiel der formselektiven Kristallisation erfolgen. Zur Simulation der formselektiven Kristallisation werden neben geeigneten Lösungsverfahren auch formspezifische Kristallisationskinetiken, wie z.B. Wachstums- oder Agglomerationsraten benötigt, welche in verschiedenen Versuchsanlagen bestimmt werden sollen. Mit Hilfe der gewonnenen Kinetiken, sowie der entwickelten numerischen Lösungsverfahren, soll abschließend ein Prozess zur kontinuierlichen formselektiven Kristallisation entworfen und optimiert werden.

---

**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 auszuliegen. Das Teilprojekt B1 übernimmt dabei eine wichtige Brückenfunktion für den SFB/TR, indem es alle drei Projektbereiche miteinander verknüpft.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Projektbearbeitung:** MSc. Gerd Strenzke  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Achim Kienle, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; IPT Pergande, Weißandt-Gölzau; Prof. Andreas Bück, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.11.2016 - 28.09.2019

### **Kontinuierliche Wirbelschichtsprühagglomeration**

In diesem Projekt wird die kontinuierliche Sprühagglomeration 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, Dr. Nicole Vorhauer  
**Kooperationen:** 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  $\mu$ -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. Farooq Hussain, Dr. Franziska Sondej  
**Kooperationen:** Kooperationen: Deutsche Industrie aus Exzellenzcluster WIGRATEC (Pergande Group); niederländische Projektpartner (Bodec, Agglomix)  
**Förderer:** Bund - 01.04.2019 - 31.03.2022

### **Combined agglomeration technology for food (COAGG)**

Agglomerate sind wegen günstiger Instandeigenschaften 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. Yasaman Jabbari, Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani  
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2016 - 31.05.2019

### **Discrete-continuous transition for the wetting of porous materials**

Continuous models for the wetting of porous materials are usually oversimplified and, thus, cannot properly describe the influence of micro-structural features of the material. Goal of the project is to simulate the wetting of micro-structured porous materials in a discrete way (by pore networks) and then use the simulation results in new and superior continuous models which are easy to solve whereas preserving as more details of the structure-property relation as possible.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Projektbearbeitung:** MSc. Wencong Wu, MSc. Kaicheng Chen  
**Kooperationen:** Deutsche Industrie aus Exzellenzcluster 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. Maximilian Thomik, Dr. Nicole Vorhauer  
**Kooperationen:** 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. Arman Rahimi  
**Förderer:** Industrie - 01.06.2017 - 31.05.2019

#### **Pore network models for the coating of substrates with suspensions**

New and more efficient catalysts are developed by use of novel pore network simulation tools. Such simulation tools have the ability of describing liquid infiltration and coating in dependence of given or evolving substrate structure.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Projektbearbeitung:** MSc. Tariq Mahmood Hafiz  
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani  
**Förderer:** Stiftungen - Sonstige - 01.10.2017 - 30.09.2020

#### **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. Daniel Pramudita  
**Förderer:** Stiftungen - Sonstige - 01.03.2017 - 29.02.2020

#### **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. 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:** Xiang Lu  
**Kooperationen:** Dr.-Ing. Abdolreza Kharaghani  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2016 - 31.10.2019

### **Scale transition from discrete to continuous models for drying of porous media**

The scale transition from pore network models to continuous models (one or two equations) of drying has been pioneered in a previous project for rather uniformly structured porous media. Now this investigation is extended to porous media with specific types of micro-structure (e.g. spatially correlated systems of small and large pores). The key question is, how micro-structural features can be reflected in the parameters of continuous models, breaking path for fast but realistic and accurate process simulations. New algorithmic approaches that would accelerate computations for the underlying pore networks are also considered.

---

**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-Ernergy Systems (SmartMES)**

Coupling elements between power, gas an 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 regenartive energy forms.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Christian Rieck  
**Kooperationen:** AVA - Anhaltinische Verfahrens- und Anlagentechnik GmbH, Magdeburg  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.04.2018 - 31.12.2019

### **Innovative inline system for the simultaneous measurement of dual properties of particulate products**

Particle size and particle moisture content are key properties for the application of powders and grains. The project develops methods for their independent monitoring during production processes, despite of their mutual influence on measuring signal.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Projektbearbeitung:** MSc. Ibtihaj Khurram Faridi  
**Kooperationen:** 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:** 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 - 31.05.2020

### **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. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 30.04.2014 - 31.03.2019

### **GRK 1554 "Graduiertenkolleg Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen"**

Many materials or media in nature and technology possess a microstructure, which determines their macro behaviour. Despite of possible difficulties to describe the morphology of this structure, the knowledge of the relevant mechanisms is often more comprehensive on the micro than on the macro scale. On the other hand, not all information on the micro level is relevant for the understanding of the macro behaviour. Therefore, averaging and homogenization methods are needed to select only the specific information from the micro scale,

which influences the macro scale. These methods would also open the possibility to design or to influence microstructures with the objective to optimize their macro behaviour. Study and development of new methods in this interdisciplinary field of actual research will be under the supervision of professors from different engineering branches, applied mathematics, theoretical, and computational physics.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Robert Heyer  
**Förderer:** Bund - 01.12.2019 - 30.11.2020

### **Integrated Cycles for Urban Biomass (ICU): Optimierung von Biomasseströmen und -verwertungswegen in urbanen Wohngebäuden mit dem Ziel einer CO<sub>2</sub>-neutralen Stadt**

Um der fortschreitenden globalen Erwärmung erfolgreich entgegenwirken zu können, ist es zwingend notwendig, eine CO<sub>2</sub>-neutrale Gesellschaft basierend auf nachhaltigen Wertschöpfungskreisläufen zu etablieren. Allerdings fehlen derzeit noch CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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. Andreas Voigt  
**Förderer:** Industrie - 01.07.2019 - 31.10.2019

### **Computer-basierte Simulationen von Prozessen mit Fest-Flüssig-Phasenübergängen**

Die Verarbeitung von komplexen salzhaltigen Lösungen erfordert neue Konzepte der Prozessentwicklung. Mittels computerbasierter Simulationen wird geprüft, welche modernen Software-Werkzeuge aktuell zu diesen Herausforderungen passend eingesetzt werden können. Vergleiche zwischen bisher etablierten und neuen Methoden zeigen Vor- und Nachteile auf, in deren Hilfe Entscheidungsprozesse im Bereich Prozessentwicklung und -management unterstützt werden.

---

**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

**Bartsch, Clemens; Wiedmeyer, Viktoria; Lakdawala, Zahra; Patterson, Robert I. A.; Voigt, Andreas; Sundmacher, Kai; John, Volker**

Stochastic-deterministic population balance modeling and simulation of a fluidized bed crystallizer experiment  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 208 (2019), article 115102;  
[Imp.fact.: 3.372]

**Bdeir, Najat; Arora, Prerna; Gärtner, Sabine; Hoffmann, Markus; Reichl, Udo; Pöhlmann, Stefan; Winkler, Michael**

A system for production of defective interfering particles in the absence of infectious influenza A virus  
PLOS ONE - San Francisco, California, US: PLOS, Vol. 14.2019, 3, Artikel e0212757, insgesamt 18 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.776]

**Bechtel, Simon; Sorrentino, Antonio; Vidakovi-Koch, Tanja; Weber, Adam Z.; Sundmacher, Kai**

Electrochemical gas phase oxidation of hydrogen chloride to chlorine - model-based analysis of transport and reaction mechanisms  
Electrochimica acta - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Volume 324 (2019), article 134780;  
[Imp.fact.: 5.383]

**Bechtel, Simon; VidakoviKoch, Tanja; Sundmacher, Kai**

Energyefficient gasphase electrolysis of hydrogen chloride  
Chemie - Ingenieur - Technik - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 91.2019, 6, S. 795-808;  
[Imp.fact.: 1.075]

**Bissinger, Thomas; Fritsch, Johannes; Mihut, Adrian; Wu, Yxiao; Liu, Xuping; Genzel, Yvonne; Tan, Wen-Song; Reichl, Udo**

Semi-perfusion cultures of suspension MDCK cells enable high cell concentrations and efficient influenza A virus productionPK2.1  
Vaccine - Amsterdam: Elsevier, Bd. 37.2019, 47, S. 7003-7010;

**Chen, Kaichen; Bachmann, Philipp; Bück, Andreas; Jacob, M.; Tsotsas, Evangelos**

CFD simulation of particle residence time distribution in industrial scale horizontal fluidized bed  
Powder technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 345.2019, S. 129-139;  
[Imp.fact.: 3.23]

**Coronel, Juliana; Behrendt, Ilona; Bürgin, Tim; Anderlei, Tibor; Sandig, Volker; Reichl, Udo; Genzel, Yvonne**

Influenza A virus production in a single-use orbital shaken bioreactor with ATF or TFF perfusion systems  
Vaccine - Amsterdam: Elsevier, Bd. 37.2019, 47, S. 7011-7018;

**De Caigny, Jan; Tauchnitz, Thomas; Becker, Ronny; Diedrich, Christian; Schröder, Tizian; Grossmann, Daniel; Banerjee, Suprateek; Graube, Markus; Urbas, Leon**

NOA Von Demonstratoren zu Pilotanwendungen - Vier Anwendungsfälle der Namur Open Architecture  
atp Magazin - Essen: Vulkan Verlag GmbH, Bd. 61.2019, 01/02, S. 44-53

**Diez, Eugen; Kieckhefen, Paul; Meyer, Katja; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos; Heinrich, Stefan**

Particle dynamics in a multi-staged fluidized bed - particle transport behavior on micro-scale by discrete particle modelling  
Advanced powder technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 30.2019, 10, S. 2014-2031;

**Fischöder, Thomas; Cajic, Samanta; Grote, Valerian; Heinzler, Raphael; Reichl, Udo; Franzreb, Matthias; Rapp, Erdmann; Elling, Lothar**

Enzymatic cascades for tailored 13 C 6 and 15 N enriched human milk oligosaccharides  
Molecules - Basel: MDPI, Volume 24 (2019), 19, Artikel 3482, insgesamt 21 Seiten;

**Fischöder, Thomas; Cajic, Samanta; Reichl, Udo; Rapp, Erdmann; Elling, Lothar**

Enzymatic cascade synthesis provides novel linear human milk oligosaccharides as reference standards for xCGELIF based highthroughput analysis

Biotechnology journal - Weinheim: Wiley-VCH, Vol. 14 (2019), 3, Artikelnr. 1800305, insges. 9 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.507]

**Fortuna, A. Raquel; van Teeffelen, Sebastian; Ley, Adrian; Fischer, Laura M.; Taft, Florian; Genzel, Yvonne; Villain, Louis; Wolff, Michael W.; Reichl, Udo**

Use of sulfated cellulose membrane adsorbers for chromatographic purification of cell cultured-derived influenza A and B viruses

Separation and purification technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 226.2019, S. 350-358;  
[Imp.fact.: 5.107]

**Geistlinger, Helmut; Ding, Yi; Apelt, Bernd; Schlüter, Steffen; Küchler, Matthias; Reuter, Danny; Vorhauer, Nicole; Vogel, Hans-Jörg**

Evaporation Study Based on Micromodel Experiments: Comparison of Theory and Experiment

Water resources research - [New York]: Wiley, Bd. 55.2019, 7, insges. 20 S.;  
[Imp.fact.: 4.36]

**Gränicher, Gwendal; Coronel, Juliana; Pralow, Alexander; Marichal-Gallardo, Pavel; Wolff, Michael; Rapp, Erdmann; Karlas, Alexander; Sandig, Volker; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo**

Efficient influenza A virus production in high cell density using the novel porcine suspension cell line PBG.PK2.1 Vaccine - Amsterdam: Elsevier, Bd. 37.2019, 47, S. 7019-7028;

**Hampel, Neli; Le, Kieu Hiep; Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos**

Continuous modeling of superheated steam drying of single rice grains

Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 37.2019, 12, S. 1583-1596;  
[Imp.fact.: 2.221]

**Hayat, Adnan; An, Xinghai; Qamar, Shamsul; Warnecke, Gerald; Seidel-Morgenstern, Andreas**

Theoretical analysis of forced segmented temperature gradients in liquid chromatography

Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 1, Artikel 846;  
[Imp.fact.: 1.963]

**Heyer, Robert; Schallert, Kay; Büdel, Anja; Zoun, Roman; Dorl, Sebastian; Behne, Alexander; Kohrs, Fabian; Püttker, Sebastian; Siewert, Corina; Muth, Thilo; Saake, Gunter; Reichl, Udo; Benndorf, Dirk**

A robust and universal metaproteomics workflow for research studies and routine diagnostics within 24 h using phenol extraction, FASP digest, and the MetaProteomeAnalyzer

Frontiers in microbiology - Lausanne: Frontiers Media, Bd. 10.2019, 1883, insges. 20 S.;  
[Imp.fact.: 4.259]

**Heyer, Robert; Schallert, Kay; Siewert, C.; Kohrs, F.; Greve, J.; Maus, I.; Klang, J.; Klocke, M.; Heiermann, M.; Hoffmann, Michael; Püttker, Sebastian; Calusinska, M.; Zoun, Roman; Saake, Gunter; Benndorf, Dirk; Reichl, Udo**

Metaproteome analysis reveals that syntrophy, competition, and phage-host interaction shape microbial communities in biogas plants

Microbiome - London: Biomed Central, insges. 17 S., 2019;  
[Imp.fact.: 10.465]

**Idakiev, Vesselin Vaskov; Bück, Andreas; Mörl, Lothar; Tsotsas, Evangelos**

Inductive heating of fluidized beds - mobile versus stationary heat exchange elements

Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 37.2019, 5, S. 652-663;  
[Special Issue celebrating the 60th birthday of Prof. Evangelos Tsotsas]  
[Imp.fact.: 2.219]

**Ivanov, Ivan; Lira, Rafael B.; Tang, T.Y. Dora; Franzmann, Titus; Klosin, Adam; da Silva, Lucas Caire; Hyman, Anthony; Landfester, Katharina; Lipowsky, Reinhard; Sundmacher, Kai; Dimova, Rumiana**

Directed growth of biomimetic microcompartments

Advanced biosystems - Weinheim: Wiley-VCH, Volume 3, issue 6 (2019), article 1800314;

**Jabbari, Yasaman; Tsotsas, Evangelos; Kirsch, Christoph; Kharaghani, Abdolreza**

Determination of the moisture transport coefficient from pore network simulations of spontaneous imbibition in capillary porous media

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 207.2019, S. 600-610;  
[Imp.fact.: 3.372]

**Jaskulski, Maciej; Tran, Thi Thu Hang; Tsotsas, Evangelos**

Design study of printer nozzle spray dryer by computational fluid dynamics modeling

Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 38.2020, 1/2, S. 211-223;  
[Special issue to honor Professor Czesaw Strumio]

**Jiang, Zhaochen; Du, Jiajie; Rieck, Christian; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

PTV experiments and DEM simulations of the coefficient of restitution for irregular particles impacting on horizontal substrates

Powder technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 360.2020, S. 352-365;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 3.413]

**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;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 3.372]

**Jokiel, Michael; Kaiser, Nicolas Maximilian; Kováts, Péter; Mansour, Michael; Zähringer, Katharina; Nigam, Krishna Deo Prasad; Sundmacher, Kai**

Helically coiled segmented flow tubular reactor for the hydroformylation of long-chain olefins in a thermomorphic multiphase system

The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Volume 377 (2019), article 120060;  
[Imp.fact.: 8.355]

**Jokiel, Michael; Rätze, Karsten H. G.; Kaiser, Nicolas M.; Künnemann, Kai U.; Hollenbeck, Jan-Peter; Dreimann, Jens M.; Vogt, Dieter; Sundmacher, Kai**

Miniplant-scale evaluation of a semibatch-continuous tandem reactor system for the hydroformylation of long-chain olefins

Industrial & engineering chemistry research - Columbus, Ohio: American Chemical Society, Bd. 58.2019, 7, S. 2471-2480;  
[Imp.fact.: 3.375]

**Kamranian Marnani, Abbas; Bück, Andreas; Antonyuk, Sergiy; Wachem, Berend; Thévenin, Dominique; Tomas, Jürgen**

The effect of the presence of very cohesive Geldart C ultra-fine particles on the fluidization of Geldart A fine particle beds

Processes - Basel: MDPI, Volume 7, issue 1 (2019), article 35, insgesamt 28 Seiten;  
[Imp.fact.: 1.963]

**Kamranian Marnani, Abbas; Bück, Andreas; Antonyuk, Sergiy; Wachem, Berend; Thévenin, Dominique; Tomas, Jürgen**

The effect of very cohesive ultra-fine particles in mixtures on compression, consolidation, and fluidization

Processes - Basel: MDPI, Volume 7, issue 7 (2019), article 439, insgesamt 20 Seiten;

[Imp.fact.: 1.963]

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

Systematic selection of green solvents and process optimization for the hydroformylation of long-chain olefines

Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 12, Artikel 882;

[This article belongs to the Special Issue Advanced Methods in Process and Systems Engineering]

[Imp.fact.: 1.963]

**Keßler, Tobias; Kunde, Christian; McBride, Kevin; Mertens, Nick; Michaels, Dennis; Sundmacher, Kai; Kienle, Achim**

Global optimization of distillation columns using explicit and implicit surrogate models  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 197.2019, S. 235-245;  
[Imp.fact.: 3.306]

**Koch, Sabine; Kohrs, Fabian; Lahmann, Patrick; Bissinger, Thomas; Wendschuh, Stefan; Benndorf, Dirk; Reichl, Udo**

RedCom - a strategy for reduced metabolic modeling of complex microbial communities and its application for analyzing experimental datasets from anaerobic digestion  
PLoS Computational Biology - San Francisco, Calif.: Public Library of Science, Vol. 15 (2019), 2, Artikel e1006759, insgesamt 32 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.955]

**Krafft, Dorothee; López Castellanos, Sebastián; Lira, Rafael B.; Dimova, Rumiana; Ivanov, Ivan; Sundmacher, Kai**

Compartments for synthetic cells - osmotically assisted separation of oil from double emulsions in a microfluidic chip  
ChemBioChem - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 20.2019, 20, S. 2604-2608;  
[Imp.fact.: 2.641]

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

Surrogate modeling for liquidliquid equilibria using a parameterization of the binodal curve  
Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 10, Artikel 753;  
[This article belongs to the Special Issue Advanced Methods in Process and Systems Engineering]  
[Imp.fact.: 1.963]

**Kupke, Sascha Young; Riedel, Dietmar; Frensing, Timo; Zmora, Pawel; Reichl, Udo**

A novel type of influenza A virus-derived defective interfering particle with nucleotide substitutions in its genome  
Journal of virology: publ. by the American Society for Microbiology - Baltimore, Md: Soc, Bd. 93.2019, 4, Art.-Nr. e01786, insges. 24 Seiten;  
[Imp.fact.: 4.368]

**Laske, Tanja; Bachmann, Mandy; Dostert, Melanie; Karlas, Alexander; Wirth, Dagmar; Frensing, Timo; Meyer, Thomas F.; Hauser, Hansjörg; Reichl, Udo**

Modellbasierte Analyse der Influenza-A-Virus-Replikation in gentechnisch veränderten Zelllinien untersucht den Einfluss von Wirtszellfaktoren auf die wichtigsten kinetischen Parameter des Viruswachstums  
PLoS Computational Biology - San Francisco, Calif.: Public Library of Science, Vol. 15 (2019), 2, Artikel 1006944, insgesamt 30 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.955]

**Le, Kieu Hiep; Tran, Thi Thu Hang; Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos**

Experimental benchmarking of diffusion and reduced models for convective drying of single rice grains  
Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 38.2020, 1/2, S. 200-210;  
[Special issue to honor Professor Czesaw Strumio]

**Lehmann, Tony; Schallert, Kay; Vilchez-Vargas, Ramiro; Benndorf, Dirk; Püttker, Sebastian; Sydor, Svenja; Schulz, Christian; Bechmann, Lars Peter; Canbay, Ali E.; Heidrich, Benjamin; Reichl, Udo; Link, Alexander; Heyer, Robert Steven**

Metaproteomics of fecal samples of Crohn's disease and Ulcerative Colitis  
Journal of proteomics - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 201.2019, S. 93-103;  
[Imp.fact.: 3.537]

**Liebing, Phil; Harmgarth, Nicole; Lorenz, Volker; Zörner, Florian; Hilfert, Liane; Busse, Sabine; Edelmann, Frank T.**

Structural Investigation of New Lithium Amidinates and Guanidinates  
Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 645.2019, 4, S. 440-446;  
[Imp.fact.: 1.337]

**Liebing, Phil; Wang, Ling; Gilje, John W.; Hilfert, Liane; Edelmann, Frank T.**

Supramolecular first-row transition metal complexes of 3-(3,5-dimethylpyrazol-1-yl)propanamide: Three different coordination modes

Polyhedron - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 164.2019, S. 228-235;

[Imp.fact.: 2.284]

**Liesche, Georg; Schack, Dominik; Sundmacher, Kai**

The FluxMax approach for simultaneous process synthesis and heat integration: Production of hydrogen cyanide

AIChE journal - Hoboken, NJ: Wiley, Volume 65, issue 7 (2019), article e16554, insgesamt 18 Seiten;

[Imp.fact.: 3.463]

**Liesche, Georg; Sundmacher, Kai**

Productivity versus product quality - exploring the limits of autothermal microchannel reactors in methane steam reforming process

The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Volume 377 (2019), article 120048;

[Imp.fact.: 8.355]

**Liesche, Georg; Sundmacher, Kai**

Radiation-based model reduction for the optimization of high temperature tube bundle reactors - synthesis of hydrogen cyanide

Computers & chemical engineering - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 127.2019, S. 186-199;

[Imp.fact.: 3.334]

**Ma, Beatriz C.; Caire da Silva, Lucas; Jo, SeongMin; Wurm, Frederik R.; Bannwarth, Markus B.; Zhang, Kai A. I.; Sundmacher, Kai; Landfester, Katharina**

Polymerbased module for NAD + regeneration with visible light

ChemBioChem - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 20.2019, 20, S. 2593-2596;

[Imp.fact.: 2.641]

**McBride, Kevin; Sundmacher, Kai**

Overview of surrogate modeling in chemical process engineering

Chemie - Ingenieur - Technik - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 91.2019, 3, S. 228-239;

[Imp.fact.: 1.075]

**Otrin, Lado; Kleineberg, Christin; Caire da Silva, Lucas; Landfester, Katharina; Ivanov, Ivan; Wang, Minhui; Bednarz, Claudia; Sundmacher, Kai; VidakoviKoch, Tanja**

Artificial organelles for energy regeneration

Advanced biosystems - Weinheim: Wiley-VCH, Volume 3, issue 6 (2019), article 1800323;

**Papakonstantinou, Georgios; Sundmacher, Kai**

H<sub>2</sub> permeation through N117 and its consumption by IrO<sub>x</sub> in PEM water electrolyzers

Electrochemistry communications - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 108 (2019), article 106578;

[Imp.fact.: 4.197]

**Pramudita, Daniel; Tsotsas, Evangelos**

A model of pulse combustion drying and breakup of colloidal suspension droplets

Powder technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 355.2019, S. 755-769;

[Imp.fact.: 3.413]

**Reiding, Karli R.; Bondt, Albert; Hennig, René; Gardner, Richard A.; O'Flaherty, Roisin; Trbojevi-Akmai, Irena; Shubhakar, Archana; Hazes, Johanna M. W.; Reichl, Udo; Fernandes, Daryl L.; Pui-Bakovi, Maja; Rapp, Erdmann; Spencer, Daniel I. R.; Dolhain, Radboud J. E. M.; Rudd, Pauline M.; Lauc, Gordon; Wuhrer, Manfred**

High-throughput serum N-glycomics - method comparison and application to study rheumatoid arthritis and pregnancy-associated changes

Molecular & cellular proteomics: MCP - Bethesda, Md: The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Bd. 18.2019, 1, S. 3-15;

[Imp.fact.: 5.236]

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

Particle dynamics investigation by means of shadow imaging inside an air separator  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 195.2019, S. 312-324;  
[Imp.fact.: 3.372]

**Rätze, Karsten H. G.; Jokiel, Michael; Kaiser, Nicolas M.; Sundmacher, Kai**

Cyclic operation of a semi-batch reactor for the hydroformylation of long-chain olefins and integration in a continuous production process  
The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Volume 377 (2019), article 120453;  
[Imp.fact.: 8.355]

**Rüdiger, Daniel; Kupke, Sascha Young; Laske, Tanja; Zmora, Pawel**

Multiscale modeling of influenza A virus replication in cell cultures predicts infection dynamics for highly different infection conditions  
PLoS Computational Biology - San Francisco, Calif: Public Library of Science, Vol. 15 (2019), 2, Artikel e1006819, insgesamt 22 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.955]

**Schack, Dominik; Liesche, Georg; Sundmacher, Kai**

Simultaneous heat and mass flow optimization of a distillation column applying the FluxMax approach  
Chemical engineering transactions - Milano: AIDIC, Bd. 76.2019, S. 337-342;

**Singh, Abhinandan Kumar; Tsotsas, Evangelos**

Stochastic model to simulate spray fluidized bed agglomeration - a morphological approach  
Powder technology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 355.2019, S. 449-460;

**Song, Zhen; Hu, Xutao; Zhou, Yageng; Zhou, Teng; Qi, Zhiwen; Sundmacher, Kai**

Rational design of double salt ionic liquids as extraction solvents - separation of thiophene/ n octane as example  
AIChE journal - Hoboken, NJ: Wiley, Volume 65, issue 8 (2019), article 16625, insgesamt 11 Seiten;  
[Imp.fact.: 3.463]

**Song, Zhen; Zhou, Teng; Qi, Zhiwen; Sundmacher, Kai**

Extending the UNIFAC model for ionic liquid-solute systems by combining experimental and computational databases  
AIChE journal - Hoboken, NJ: Wiley, 2019;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 3.463]

**Sorrentino, A.; Vidakovic-Koch, T.; Sundmacher, Kai**

Studying mass transport dynamics in polymer electrolyte membrane fuel cells using concentration-alternating frequency response analysis  
Journal of power sources - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 412.2019, S. 331-335;  
[Imp.fact.: 7.467]

**Szadzinska, Justyna; echtanska, Joanna; Pashminehazar, Reihaneh; Kharaghani, Abdolreza; Tsotsas, Evangelos**

Microwave- and ultrasound-assisted convective drying of raspberries - drying kinetics and microstructural changes  
Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 37.2019, 1, insges. 12 S.;  
[Imp.fact.: 2.219]

**Tapia, Felipe; Laske, Tanja; Wasik, Milena A.; Rammhold, Markus; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo**

Production of Defective Interfering Particles of influenza A virus in parallel continuous cultures at two residence times - insights from qPCR measurements and viral dynamics modeling  
Frontiers in Bioengineering and Biotechnology - Lausanne: Frontiers Media, Volume 7 (2019), Artikel 275, insgesamt 15 Seiten;

**Uebbing, Jennifer; Rihko-Struckmann, Liisa K.; Sundmacher, Kai**

Exergetic assessment of CO<sub>2</sub> methanation processes for the chemical storage of renewable energies  
Applied energy - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 233/234.2019, S. 271-282;  
[Imp.fact.: 8.426]

**Vorhauer, Nicole; Altaf, Haashir; Tsotsas, Evangelos; Vidakovi-Koch, Tanja**

Pore network simulation of gas-liquid distribution in porous transport layers  
Processes - Basel: MDPI, Volume 7 (2019), 9, Artikel 558, insgesamt 23 Seiten;  
[Imp.fact.: 1.963]

**Vorhauer, Nicole; Tretau, Anne; Bück, Andreas; Prat, Marc**

Microwave drying of wet clay with intermittent heating  
Drying technology - Philadelphia, Pa: Taylor & Francis, Bd. 37.2019, 5, S. 664-678;  
[Special Issue celebrating the 60th birthday of Prof. Evangelos Tsotsas]

**Vázquez-Ramírez, Daniel; Jordan, Ingo; Sandig, Volker; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo**

High titer MVA and influenza A virus production using a hybrid fed-batch/perfusion strategy with an ATF system  
Applied microbiology and biotechnology - Berlin: Springer, Bd. 103.2019, 7, S. 3025-3035;  
[Imp.fact.: 3.34]

**Weigel, Thomas; Soliman, Remon; Wolff, Michael W.; Reichl, Udo**

Hydrophobic-interaction chromatography for purification of influenza A and B virus  
Journal of chromatography / B - New York, NY [u.a.]: Science Direct, Bd. 1117.2019, S. 103-117;  
[Imp.fact.: 2.441]

**Wenzel, Marcus; Sundmacher, Kai**

Derivation of rate equations for equilibrium limited gas-solid reactions  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 203.2019, S. 76-85;  
[Imp.fact.: 3.372]

**Xiao, Cheng-Nian; Fond, Benoit; Beyrau, Frank; TJoen, Christophe; Henkes, Ruud; Veenstra, Peter;  
Wachem, Berend**

Numerical investigation and experimental comparison of the gas dynamics in a highly underexpanded confined  
real gas jet  
Flow, turbulence and combustion: an international journal published in association with ERCOFTAC - Dordrecht  
[u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 103.2019, 1, S. 141-173;  
[Imp.fact.: 2.371]

**You, Qing; Hopf, Talea; Hintz, Werner; Rannabauer, Stefan; Voigt, Nadine; Wachem, Berend;  
Henrich-Noack, Petra; Sabel, Bernhard A.**

Major effects on blood-retina barrier passage by minor alterations in design of polybutylcyanoacrylate  
nanoparticles  
Journal of drug targeting - Abingdon: Taylor & Francis Group, Bd. 27.2019, 3, S. 338-346;  
[Imp.fact.: 3.277]

**You, Qing; Sokolov, Maxim; Grigartzik, Lisa; Hintz, Werner; Wachem, Berend; Henrich-Noack, Petra;  
Sabel, Bernhard A.**

How nanoparticle physicochemical parameters affect drug delivery to cells in the retina via systemic interactions  
Molecular pharmaceutics - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 16.2019, 12, S. 5068-5075;  
[Imp.fact.: 4.396]

**Yuan, Lina; Horosanskaia, Elena; Engelhardt, Felix; Edelmann, Frank T.; Couvrat, Nicolas; Sanselme,  
Morgane; Cartigny, Yohann; Coquerel, Gérard; Seidel-Morgenstern, Andreas; Lorenz, Heike**

Solvate formation of Bis(demethoxy)curcumin - crystal structure analyses and stability investigations  
Crystal growth & design - Washington, DC: ACS Publ., Bd. 19.2019, 2, S. 854-867;  
[Imp.fact.: 4.153]

**Zarekar, Sayali; Bück, Andreas; Jacob, Michael; Tsotsas, Evangelos**

Numerical study of the hydrodynamics of fluidized beds operated under sub-atmospheric pressure  
The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Bd. 372.2019, S. 1134-1153;  
[Imp.fact.: 6.735]

**Zhang, Chenyue; Song, Zhen; Jin, Can; Nijhuis, Job; Zhou, Teng; Noel, Timothy; Gröger, Harald; Sundmacher, Kai; Hest, Jan; Hessel, Volker**

Screening of functional solvent system for automatic aldehyde and ketone separation in aldol reaction - a combined COSMO-RS and experimental approach

The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, 2019;

[Online first]

[Imp.fact.: 8.355]

**Zhou, Teng; Song, Zhen; Sundmacher, Kai**

Big data creates new opportunities for materials research - a review on methods and applications of machine learning for materials design

Engineering - Amsterdam: Elsevier, 2019;

[Online first]

[Imp.fact.: 4.568]

**Zhou, Teng; Song, Zhen; Zhang, Xiang; Gani, Rafiqul; Sundmacher, Kai**

Optimal solvent design for extractive distillation processes - a multiobjective optimization-based hierarchical framework

Industrial & engineering chemistry research - Columbus, Ohio: American Chemical Society, Bd. 58.2019, 15, S. 5777-5786;

[Imp.fact.: 3.375]

**Zinser, Alexander; Papakonstantinou, Georgios; Sundmacher, Kai**

Analysis of mass transport processes in the anodic porous transport layer in PEM water electrolyzers

International journal of hydrogen energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 44.2019, 52, S. 28077-28087;

[Imp.fact.: 4.084]

## **NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze**

**Zoun, Roman; Schallert, Kay; Broneske, David; Falkenberg, Sören; Heyer, Robert Steven; Wehnert, Sabine; Brehmer, Sven; Benndorf, Dirk; Saake, Gunter**

MStream: proof of concept of an analytic cloud platform for near-real-time diagnostics using mass spectrometry data

Magdeburg: Fakultät für Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2019, 1 Online-Ressource (11 ungezählte Seiten, 1,08 MB), Illustrationen, Diagramme - (Technical Report; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik; 002-2019)

## **BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE**

**Aman, Sergej; Aman, Alexander; Hintz, Werner**

Microwave emission during the impact compaction of particle bed

Particles in Contact - Cham: Springer, S. 67-87, 2019;

**Först, Petra; Gruber, Sebastian; Hilmer, Mathias; Vorhauer, Nicole; Schulz, Michael; Tsotsas, Evangelos**

Freeze drying behavior of spray frozen and pelletized materials by neutron radiography and tomography

EuroDrying'2019 - Torino, Paper 035, Seite 180-186;

[Konferenz: EuroDrying 2019, Torino, 10-12 July 2019]

**Gast, Nicola; Klabunde, Christian; Schröter, Tamara; Wolter, Martin; Roßberg, Jari; Tsotsas, Evangelos**

Optimized economical and technical sector coupling under consideration of defined incentives

CIREC 2019 Conference - CIREC Repository, 2019 - 2019, Paper No 566, insgesamt 5 Seiten ;

[Kongress: 25th International Conference on Electricity Distribution, Madrid, 3-6 June 2019]

**Jiang, Zhaochen; Chen, Kaicheng; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

Novel algorithm for Particle Tracking Velocimetry (PTV) of non-spherical particles

9th International Granulation Workshop - Lausanne, insges. 12 S., 2019

**Jokiel, Michael; Sundmacher, Kai**

Spezielle labortechnische Reaktoren - Wendelrohrreaktor  
Handbuch Chemische Reaktoren - Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 1-33, 2019;

**Mahmood, Hafiz T.; Lu, Xiang; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza**

The role of discrete capillary rings in mass transfer from the surface of a capillary porous medium during drying  
EuroDrying'2019 - Torino, Code 000950009201, Seite 316-323;  
[Konferenz: EuroDrying 2019, Torino, 10-12 July 2019]

**Rahimil, Arman; Kharaghani, Abdolreza; Metzger, Thomas; Tsotsas, Evangelos**

Drying of a shrinking porous medium saturated with a solution - a pore network study  
EuroDrying'2019 - Torino, Code: 000950009101, Seite 46-53;  
[Konferenz: EuroDrying 2019, Torino, 10-12 July 2019]

**Rieck, Christian; Müller, Daniel; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

Modeling of undesired agglomeration in fluidized bed coating  
9th International Granulation Workshop - Lausanne, insges. 16 S., 2019

**Strenzke, Gerd; Du, Jiajie; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

Experimental investigation of process behavior of continuous fluidized bed spray agglomeration with internal  
classification  
9th International Granulation Workshop - Lausanne, insges. 8 S., 2019

**Todorova, Zinaida; Wünsche, Steffi; Hintz, Werner**

Improved flowability of ultrafine, cohesive glass particles by surface modification using hydrophobic silanes  
Particles in Contact - Cham: Springer, S. 631-662, 2019;

**Zoun, Roman; Schallert, Kay; Broneske, David; Fenske, Wolfram; Pinnecke, Marcus; Heyer, Robert;  
Brehmer, Sven; Benndorf, Dirk; Saake, Gunter**

MSDataStream - connecting a bruker mass spectrometer to the internet  
Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web - Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.; Grust, Torsten,  
S. 507-510, 2019 - (GI-Edition - Lecture notes in informatics; Proceedings\$1289);  
[Fachtagung: 18. Fachtagung "Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web", BTW 2019, Rostock,  
4.-8. März 2019]

## WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEN

**Wolter, Martin; Beyrau, Frank; Tsotsas, Evangelos; Klabunde, Christian; Dancker, Jonte; Gast, Nicola;  
Schröter, Tamara; Schulz, Florian; Rossberg, Jari**

Intelligentes Multi-Energie-System (SmartMES) - Statusbericht der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
zum Verbundprojekt : 2. Statusseminar 04. April 2019 in Magdeburg  
Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität, 2019, VI, 81 Seiten, Diagramme, 21 cm - (Res electricae  
Magdeburgenses; Band 76);  
Kongress: Projekt SmartMES 2 (Magdeburg : 2019.04.04) [Literaturverzeichnis: Seite 78-81]

## NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Pham, Thai Son; Chareyre, B.; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza**

Mechanical behavior of particle aggregates during drying  
PARTEC 2019 - Nürnberg; PARTEC\$2019, insges. 10 S.;  
[Kongress: PARTEC 2019]

**Strenzke, Gerd; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

Experimental investigation of dynamic process stability of continuous fluidized bed spray agglomeration with  
internal classification  
PARTEC 2019 - Nürnberg; PARTEC\$2019, insges. 5 S., 1 USB-Stick;  
[Kongress: PARTEC 2019]

## ANDERE MATERIALIEN

### **Kharaghani, Abdolreza; Le, Kieu Hiep; Tran, Thi Thu Hang; Tsotsas, Evangelos**

Reaction engineering approach for modeling single wood particle drying at elevated air temperature  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 199.2019, S. 602-612;  
[Imp.fact.: 3.306]

### **Rahimi, Arman; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]; Kienle, Achim [AkademischeR BetreuerIn]**

Discrete modeling of drying induced ion transport and crystallization in porous media  
Magdeburg, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik  
2019, XV, 153 Seiten, Illustrationen ;  
[Literaturverzeichnis: Seite 117-127]

### **Vu, Hong Thai; Tsotsas, Evangelos**

A framework and numerical solution of the drying process in porous media by using a continuous model  
International journal of chemical engineering - New York, NY [u.a.]: Hindawi Publ. Corp, Vol. 2019, Artikel-ID  
9043670, insgesamt 16 Seiten;

## HABILITATIONEN

### **Vidakovi-Koch, Tanja; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Bioelectrochemical systems for energy and materials conversion  
Magdeburg, 2019, 1 Band (verschiedene Seitenzählungen), Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Es handelt sich um eine kumulative Schrift, die aus 10 Aufsätzen aus Zeitschriften und einer vorangestellten  
Einleitung besteht.; Literaturverzeichnis: Seite 46-49]

## DISSERTATIONEN

### **Bachmann, Mandy; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Charakterisierung der Influenzavirus-Vermehrung in genetisch veränderten humanen Zelllinien zur Optimierung  
der Impfstoffproduktion  
Magdeburg, 2019, XI, 173 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 133-155]

### **Horosanskaia, Elena; Lorenz, Heike [GutachterIn]**

Strategien zur kristallisationsbasierten Aufreinigung von pharmazeutisch relevanten Naturstoffen und organischen  
Mehrkomponentengemischen  
Magdeburg, 2019, 190 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturangaben]

### **Idakiev, Vesselin Vaskov; Mörl, Lothar [AkademischeR BetreuerIn]; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

Induktiv beheizte Wirbelschichten und deren Anwendungsmöglichkeiten  
Magdeburg, 2019, XV, 129 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 113-117]

### **Kaiser, Nicolas Maximilian; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Dynamic optimization based reactor synthesis and design under uncertainty for liquid multiphase processes  
Magdeburg, 2018, XV, 167 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 151-162]

### **Kerst, Kristin; Janiga, Gábor [AkademischeR BetreuerIn]; Seidel-Morgenstern, Andreas [AkademischeR BetreuerIn]; Katterfeld, André [AkademischeR BetreuerIn]**

Untersuchung der Strömungsverhältnisse in einem Kristallisor mittels Kopplung zwischen Numerischer  
Strömungsmechanik (CFD) und Diskrete-Elemente-Methode (DEM)  
Magdeburg, 2019, xix, 130 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 123-130]

**Muniz, Marcelo; Sommerfeld, Martin [AkademischeR BetreuerIn]**

Modelling the effect of bubble dynamics on motion and mass transfer  
Magdeburg, 2019, 128 Seiten, 12 ungezählte Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturangaben]

**Munkelt, Thomas; Seidel-Morgenstern, Andreas [AkademischeR BetreuerIn]**

Separation, Speicherung und Gewinnung der Enantiomere chiraler Anästhetika  
Magdeburg, 2019, V, 178 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 153-168]

**Pashminehazar, Reihaneh; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

Microstructure of particles produced by fluidized bed agglomeration of soft materials  
Barleben: docupoint Verlag, 2019, xix, 136 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm - (docupoint Wissenschaft;  
Micro-macro transactions; Volume 35);  
[Literaturverzeichnis: Seite 115-122]

**Radeva, Zheni; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

Analysis and simulation of the deformation behaviour at quasi-static compressive stressing of bonded model  
pellets  
Magdeburg, 2019, xvi, 141 Seiten, 39 ungezählte Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 134-141]

**Sgrott, Jr. Oscar Lino; Sommerfeld, Martin [AkademischeR BetreuerIn]**

Influence of interparticle interactions on the performance of cyclone separators  
Magdeburg, 2019, 148 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 141-148]

**Sondej, Franziska; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

Morphologische Charakterisierung beschichteter Partikel und feststoffhaltiger Mikrotropfen  
Magdeburg, 2019, XIII, 193 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm;  
[Literaturverzeichnis: Seite 164-170]