



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

# Forschungsbericht 2021

Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik

# FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS- UND SYSTEMTECHNIK

Universitätsplatz 2, Gebäude 10, 39106 Magdeburg

Tel. 49 (0)391 67 58842

fvst.dekanat@ovgu.de

www.vst.ovgu.de

## 1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Dominique Thévenin (Dekan)

Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas (Prodekan)

Prof. Dr. rer. nat. Franziska Scheffler (Studiendekanin)

## 2. INSTITUTE

Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik

Institut für Verfahrenstechnik

Institut für Apparate- und Umwelttechnik

Institut für Chemie

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

- *Partikeltechnologie und Partikelsysteme* - insbesondere Herstellung, Funktionalisierung, Charakterisierung und Handhabung von partikulären Produkten, z.B. Pulver und Granulate
- *Chemische Produktgestaltung und analytische Produktcharakterisierung* - z.B. Synthese von Natur- und Wirkstoffen; metallorganische Verbindungen für Halbleiter-, Sensor- und Katalysetechnik
- *Innovative Stoff- und Energiewandlungsprozesse* - z.B. Membranreaktoren, Brennstoffzellensysteme, chromatographische Reaktoren, Synthese von Antikörpern
- *Dynamik verfahrenstechnischer Systeme* - z.B. Dynamik von Bioprocessen, Simulation und Regelung von Prozessen, Mehrphasenströmungen und reaktive Strömungen
- *Wahrscheinlichkeitsmethoden bei Ingenieurberechnungen* - z.B. probabilistische Sicherheitsanalyse, Unsicherheiten, Brand- und Explosionsschutz

## 4. KOOPERATIONEN

- Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme

## 5. VERÖFFENTLICHUNGEN

### HABILITATIONEN

**Berg, Philipp; Janiga, Gábor [AkademischeR BetreuerIn]**

Multimodale Modellierung intravaskulärer Hämodynamik am Beispiel zerebraler Aneurysmen  
Magdeburg, 2021, xiii, 177 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

### DISSERTATIONEN

**Bechtel, Simon; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Development of a novel, energy efficient process for the gas-phase electrolysis of hydrogen chloride to chlorine  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (xviii, 239 Blätter, 5,93 MB), Illustrationen;

**Carneiro, Thiane; Seidel-Morgenstern, Andreas [AkademischeR BetreuerIn]**

Advances in enantioselective resolution applying preferential crystallization and enzymatic racemization  
Magdeburg, 2021, xiii, 142 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Chi, Cheng; Thévenin, Dominique [AkademischeR BetreuerIn]**

Direct numerical simulations of gaseous combustion in complex geometry  
Magdeburg, 2021, xix, 220 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Erenberg, Marina; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Analyse des Brandverhaltens von Stoßdämpfern für Behälter zum Transport radioaktiver Stoffe  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XIV, 131 Seiten, 182,12 MB), Illustrationen;

**Helmerichs, Lena; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]; Uhlenhut, Frank [AkademischeR BetreuerIn]; Biernacki, Piotr [AkademischeR BetreuerIn]**

Flexibler Betrieb von Biogasanlagen zur Abdeckung der Residuallast  
Magdeburg, 2021, xxviii, 305 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Himmel, Andreas; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]; Sager, Sebastian [AkademischeR BetreuerIn]**

Optimization-based operation strategy and storage design for coupled processes  
Magdeburg, 2021, e-o, 220 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm

**Kleineberg, Christin**

Bottom-up assembly of a light-driven ATP regeneration module in lipid, polymer and hybrid vesicles  
Magdeburg, 2021, xii, 190 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Kohrs, Fabian; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Metaproteomanalyse methanogener Mikrobiome aus Anreicherungskulturen im Labormaßstab  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (IX, 123, A-J Seiten, 3,84 MB), Illustrationen;

**Laske, Tanja; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Mathematical models of influenza A virus infection - elucidating the impact of host cell factors and defective interfering particles on virus growth  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XVIII, 233 Seiten, 17,07 MB), Illustrationen, Diagramme;

**Otrin, Lado; Vidaković-Koch, Tanja [AkademischeR BetreuerIn]**

Bottom-up construction of the artificial mitochondrion  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (viii, 174, IX Seiten, 5,27 MB), Illustrationen;

**Pham, Son Thai; Kharaghani, Abdolreza [AkademischeR BetreuerIn]; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

DEM-based triangulation pore network model for particle aggregates - drying and capillary forces  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (x, 185 Seiten, 7,49 MB), Illustrationen;

**Rappsilber, Tim; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]**

Untersuchungen zur Bestimmung der Löschwirkung und -effizienz von Druckluftschäum  
Magdeburg, 2021, XXI, 122 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Schack, Dominik; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Optimal process design across process hierarchies for the efficient utilization of renewable energy sources  
Magdeburg, 2021, xxiii, 163 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Seidenbecher, Jakob; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Analyse der transversalen Partikelbewegung und des Wärmeübergangs in Drehrohren mit Hubschaufeln  
Magdeburg, 2021, XVII, 202 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm

**Singh, Abhinandan Kumar; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

Morphology based stochastic simulation of spray fluidized bed agglomeration  
Magdeburg, 2021, 169 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm

**Vázquez Ramírez, Daniel; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Process intensification for the production of MVA and influenza A virus in high density suspension cultures of AGE1.CR.pIX cells  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XIV, 136 Seiten, 7,58 MB), Illustrationen;

# INSTITUT FÜR APPARATE- UND UMWELTTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67 58831, Fax 49 (0)391 67 41128  
iaut@ovgu.de  
www.iaut.ovgu.de

## 1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause (geschäftsführender Leiter)  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl  
Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Köser

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause  
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl  
Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Köser  
Dr.-Ing. Dieter Gabel  
Dr.-Ing. Andrea Klippel  
Dr.-Ing. Kristin Hecht  
Dr. rer. nat. Ronald Zinke

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

### **Einsatz von verschiedenen Brennstoffen in Wirbelschichten zur Vergasung und zur emissionsarmen Verbrennung in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut IFF Magdeburg**

- Untersuchung des Abbrand- und Emissionsverhaltens von festen Brennstoffen in Wirbelschichtfeuerungen
- Untersuchung der Verbrennungsbedingungen, wie Brennkammertemperatur, Luftverhältnis und Luftführung, Additivzugabe und Optimierung aus verbrennungs- und emissionstechnischer Sicht
- Schadstoffbildungsmechanismen, insbesondere die NO<sub>x</sub>-Bildung
- Wirbelschichtvergasung von biogenen Brenn- und Abfallstoffen zur Erzeugung eines in Gasmotoren nutzbaren Brenngases
- Wirtschaftlichkeit der energetischen Nutzung von Biomassen

### **Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Wirbelschichtbehandlung (Trocknen, Granulieren, Agglomerieren, Coating, Rösten) von feststoffhaltigen Flüssigkeiten und körnigen Substanzen im Luft- und Heißdampfstrom**

- Nutzung von DEM-Simulationen zur Analyse der Fluidodynamik bei gleichzeitiger Granulation in einer blasenbildenden Wirbelschicht
- Nutzung von DEM-Simulationen zur Analyse der Fluidodynamik in der Strahlschicht
- Einsatz von faseroptischen Messverfahren in Wirbelschichten
- Nichtlineare Dynamik der kontinuierlichen Wirbelschicht-Bindestrich-Sprühgranulation
- Regelungskonzepte für kontinuierliche Wirbelschicht-Sprühgranulationsanlagen
- Deformations- und Bruchverhalten von kugelförmigen Granulaten bei Druck- und Stossbeanspruchung: Experiment und DEM-Simulation

- Modellierung der Temperatur- und Konzentrationsfelder sowie die Aufstellung von Populationsbilanzen in flüssigkeitsbedühten Wirbelschichten an Versuchsanlagen DN 1500, 400 und 200
- Modellierung diskontinuierlich ablaufender Prozesse in der Wirbelschicht (Aufheizen, Rösten, Kühlen, Trocknen) mit dem Fluidisierungsmedium Heißdampf und Luft
- Modellierung des Prozesses der SO<sub>2</sub>-Absorption in der Wirbelschicht und die experimentelle Verifizierung an der WS-Anlage DN 400
- Modellierung des Zerfallsverhaltens von Partikeln in Wirbelschichten
- Entwicklung neuer Strahlschichtapparaturen
- Wirbelschicht-Verfahren zur schonenden Gewinnung pflanzlicher Wirkstoffe durch Anwendung tiefer Temperaturen
- Untersuchungen zur Adsorption für die Trocknung temperaturempfindlicher Produkte (auch unter Vakuum)
- Wirbelschicht-Extraktion von Ätherischen und fetten Ölen
- Experimentelle Untersuchung von membrangestützten Wirbelschicht-Reaktoren mit Katalysatoren
- Untersuchung von Prozessen der Kaffeeröstung, -kandierung und -kühlung in der Wirbelschicht hinsichtlich Emissionen und Anlagenoptimierung
- Durchführung von experimentellen Untersuchungen zur Trocknung, Granulation, Agglomeration und zum Coating im Industriesauftrag
- Entwicklung neuer Trocknungsverfahren mit interner Kälteerzeugung

#### **Instrumentelle Schadstoffanalytik und Emissionsmesstechnik**

- Quecksilberminderung in Rauchgasen
- Abwasserreinigung
- Luftreinhaltung

#### **Anlagensicherheit**

- Explosionseigenschaften von Stoffen und Stoffsystemen
- Modellierung von Stoff-Freisetzungen, Bränden und Explosionen
- Sicherheit elektrochemischer Energiespeicher
- Sicherheitsbetrachtungen für Wasserstofftechnologien
- Experimentelle Untersuchung durchgehender Reaktionen
- Weiterentwicklung von Methoden der quantitativen Risikoanalyse
- Experimentelle Untersuchungen an Mehrphasenreaktoren
- chemische Umwandlung von Rest- und Abfallstoffen
- Unsicherheiten bei Ingenieurberechnungen

## **4. SERVICEANGEBOT**

#### **Brand- und Explosionsschutz**

- Auftragsarbeiten zur Bestimmung von Brand- und Explosionseigenschaften von Stoffen
- Unterstützung bei der Erstellung von Brandschutz- und Explosionsschutzgutachten
- Simulation von Ereignisabläufen mit numerischer Strömungssimulation

#### **Sicherheits- und Risikoanalysen**

- Unterstützung bei der Erstellung von Sicherheitsberichten
- Qualitative Risikoanalysen
- Quantitative Risikoanalysen

#### **Sicherheitstechnische Bewertung von Stoffen**

- Simultane thermische Analyse von thermisch instabilen Stoffen

- Bestimmung von Partikeleigenschaften
- Dynamische Differenzkalorimetrie
- Analyse gasförmiger Reaktionsprodukte

## 5. METHODIK

- Bestimmung der Mindestzündtemperatur aufgewirbelter Stäube
- Bestimmung der Explosionskenngrößen von Gasen, Dämpfen und aufgewirbelten Stäuben in geschlossenen Apparaturen
- Bestimmung der Explosionskenngrößen aufgewirbelter Stäube in offenen Apparaturen
- Bestimmung der Mindestzündenergie aufgewirbelter Stäube
- Bestimmung des Flammpunktes brennbarer Flüssigkeiten
- Bestimmung der Mindestzündtemperatur abgelagerter Stäube (Glimmtemperatur)
- adiabate und isoperibole Warmlagerungsversuche
- Zündtemperatur brennbarer Flüssigkeiten und Gase
- Simultan thermische Analyse (TGA DSC) mit Gasanalyse (MS und FTIR)
- Elementaranalyse für die Elemente C, H, N und Elementaranalyse für die Elemente C und S
- Bestimmung der Bruchwerte und Kraft-Deformationsverläufe im uniaxialen Bruchversuch
- Thermogravimetrische Analyse (TG)
- Partikelgrößenanalyse mit digitaler Bildverarbeitung
- Bestimmung des Brennwertes einer Probe

## 6. KOOPERATIONEN

- BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Bergische Universität Wuppertal
- Berliner Feuerwehr
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- DIN e. V., Berlin
- Dräger Safety AG & Co. KGaA
- Feuerwehr der Stadt Frankfurt am Main
- Glatt Ingenieurtechnik Weimar GmbH
- Inburex GmbH, Hamm
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig
- Solvay Werk Bernburg
- Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.
- ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

## 7. FORSCHUNGSPROJEKTE

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Dieter Gabel, Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Paul Geoerg  
**Kooperationen:** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig; Inburex GmbH, Hamm  
**Förderer:** Bund - 01.05.2018 - 30.04.2021

### **Nex-Hys Explosionseigenschaften hybrider Gemische**

Es werden die Explosionseigenschaften hybrider Gemische, also Stoffgemische, bei denen mindestens zwei oxidierbare Komponenten in verschiedenen Aggregatzuständen vorliegen, untersucht. Standardisierte Untersuchungsverfahren z.B. für die Mindestzündtemperatur und die Mindestzündenergie von Gas/Luft-Gemischen oder von Staub/Luft-Gemischen eignen sich dafür nicht von vornherein. Deshalb sind diese weiterzuentwickeln bzw. neue Untersuchungsverfahren zur Kenngrößenbestimmung zu entwickeln.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause  
**Kooperationen:** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Hekatron GmbH; Siemens AG; Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.; Westfälische Wilhelms-Universität Münster; GTE Industrieelektronik GmbH  
**Förderer:** Bund - 01.01.2021 - 31.12.2023

### **BRAWA -Kulturgut bewahren durch Helfermotivation und geringe Brandwahrscheinlichkeiten**

Ziel des Verbundvorhabens BRAWA ist, eine systemische, kombiniert technisch-operative Lösung für die Verbesserung der Brandsicherheit in historischen Bauwerken zu schaffen, die zugleich flexibel und adaptiv auf historische Bauwerke verschiedener Art anwendbar ist. Der innovative Ansatz besteht darin, mit Multisensor-Knoten (mehrere Brandindikatoren werden simultan gemessen), sowie durch Vernetzung der Sensorik (mehrere, in ihren Wirkungsbereichen überlappende Detektoren müssen die Brandindikatoren wahrnehmen) eine hohe Sensitivität bei gleichzeitig niedriger Täuschungsalarmrate zu erzielen. Dabei sollen Detektoren zum Einsatz kommen, die auch den ästhetischen Anforderungen von Kulturdenkmälern genügen, d.h. funkbasiert und energieautark arbeiten können, um Kabelinstallationen zu vermeiden.

Weiterhin soll durch Einführung einer Brandwahrscheinlichkeit in Kombination mit der auf die Weitergabe dieser Information folgenden, situationsangemessenen Aktion der Helfer eine frühe Brandbekämpfung eingeleitet werden, die die Brandausbreitung unterbindet oder zumindest verzögert. Dies wird zur Reduzierung der Brandschäden und zur Entlastung der Feuerwehren führen. Im Ergebnis soll dieser systemische Ansatz dazu führen, dass Brände in kulturhistorisch wertvollen Gebäuden früher erkannt und bekämpft werden können, so dass die Brandentwicklung kein katastrophales Ausmaß annimmt und das Kulturgut bewahrt werden kann.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause  
**Kooperationen:** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.  
**Förderer:** Bund - 01.02.2021 - 31.01.2023

### **SEE-2L Sicherheit elektrochemischer Energiespeicher in Second-Life-Anwendungen**

Ziel des Vorhabens ist die Schaffung von Verfahrensgrundlagen für den sicheren Betrieb elektrochemischer Energiespeichersysteme mit hohem Energieinhalt in sogenannten Second-Life-Anwendungen anhand eines Demonstrators mit bis zu 500 Kilowattstunden Speicherkapazität. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Einspeisung von elektrischer Energie in die Speichersysteme aus nachhaltigen Primärenergiequellen (Windgeneratoren, Photovoltaikanlagen) erfolgt. Die Speicherkapazität entspricht etwa 10 Batteriesätzen mit 60 kWh Energieinhalt bei einer Restkapazität von 80 % (ergibt 480 kWh). In diesem Zustand werden die Batteriesätze aus den Elektrofahrzeugen ausgemustert. 60 kWh ist die Batterieausstattung eines vollelektrischen Mittelklassewagens. Die Gefahren, denen mit dem Vorhaben begegnet werden soll, ergeben sich aus dem

Übergang der in den Batteriezellen enthaltenen Materialien in unkontrollierte Reaktionszustände ("durchgehende" Reaktionen), aus denen Brände mit großer Wärmefreisetzung entstehen können.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Lothar Mörl, Dr.-Ing. Vesselin Idakiev  
**Kooperationen:** Dr. Weigel Anlagenbau GmbH  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.05.2020 - 30.06.2021

### **Anlage und Verfahren zur Aufbereitung von Gülle in Verbindung mit der Gewinnung von Wertstoffen**

In Zusammenarbeit mit Firma Dr. Weigel Anlagenbau GmbH wird ein Verbundprojekt (Projektnummer: 2004/00018) zum Thema "Anlage und Verfahren zur Aufbereitung von Gülle in Verbindung mit der Gewinnung von Wertstoffen (Kurztitel: Anlage zur Güllebeseitigung)" bearbeitet, welches durch das Land Sachsen-Anhalt mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (FuE-Verbundförderung) gefördert wird.

Gülle setzt sich hauptsächlich aus tierischen Ausscheidungen wie Urin und Kot zusammen und wird in der Land- und Forstwirtschaft aufgrund des hohen Gehalts an gebundenem Stickstoff, Phosphor und Kalium als natürlicher Dünger auf Nutzflächen eingesetzt. In Deutschland werden jährlich über 200 Millionen Tonnen Gülle auf Feldern, Wiesen und Äckern ausgefahren. Landwirte und Betriebe müssen sich bei der Ausbringung der Gülle auf landwirtschaftlichen Flächen an den rechtlichen Beschränkungen der Düngeverordnung (DüV) orientieren und dürfen bei bestimmten Witterungsbedingungen wie Überschwemmungen oder Frost sowie während der winterlichen Kernsperrzeit keine Gülle ausfahren. Durch die regelmäßigen tierischen Ausscheidungen entstehen auch außerhalb der Gülle-Zeiten größere Güllmengen, die erhöhte Lagerkapazitäten in geschlossenen oder offenen Silosystemen erforderlich machen. Je nach Tierart wird Gülle in verschiedene Gruppen wie Schweine- oder Rindergülle differenziert und unterscheidet sich diesbezüglich auch in der Zusammensetzung der enthaltenen Nährstoffe. Durch bestimmte Inhaltsstoffe birgt Gülle in übermäßig großen Ausbringungsmengen verschiedene Gefahren und Risiken für die Umwelt, wenn Stoffe wie Ammonium oder Nitrat durch Einsickerungen in tiefere Bodenschichten gelangen und sich so beispielsweise in Grund- und Oberflächenwasser verteilen können. Das alles zu verhindern soll in Rahmen dieses Forschungsprojektes eine neuartige Wirbelschichtanlage zur Trocknung von Gülle und zur Gewinnung von Feststoffdünger in einem geschlossenen Kreistrocknungsprozess im Niedertemperaturbereich konzipiert, aufgebaut und in Betrieb genommen werden.

Durch die Zusammenarbeit zwischen Forschung (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg) und Apparatbau (Firma Dr. Weigel Anlagenbau GmbH) soll nach der Projektlaufzeit (Oktober 2019 - September 2021) eine wirbelschichtbasierte Lösung des Gülle-Problems im Industriemaßstab bestehen.

---

**Projektleitung:** M.Sc. Paul Geoerg, Dr.-Ing. Dieter Gabel  
**Kooperationen:** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; DIN e. V., Berlin; Inburex GmbH, Hamm; PTB, Braunschweig  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.03.2019 - 28.02.2022

### **Entwicklung von normungsfähigen Bestimmungsverfahren für sicherheitstechnische Kenngrößen des Explosionsschutzes für hybride Stoffgemische (NEX-HYS)**

Für den sicheren Betrieb von chemischen, petrochemischen und verfahrenstechnischen Anlagen ist die Kenntnis der sicherheitstechnischen Kenngrößen des Explosionsschutzes von entscheidender Bedeutung. Sie dienen zur Festlegung von Prozessparametern und zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen. Da sicherheitstechnische Kenngrößen in den meisten Fällen von den verwendeten Bestimmungsverfahren beeinflusst werden, sind diese Verfahren im Explosionsschutz in der Regel genormt. Sowohl für brennbare Gase und Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten als auch für brennbare Stäube gibt es deshalb Normen, die die Bedingungen zur Ermittlung der Kenngrößen festlegen und so eine Vergleichbarkeit der Werte sicherstellen.

Die Normen behandeln gasförmige oder feste brennbare Komponenten aufgrund Ihrer Explosions Eigenschaften separat. Sie unterscheiden sich bei Brenngasen und Stäuben teilweise wesentlich in der Auslegung der Zündgefäße, der Zündquellen und dem Prüfprozedere. Die getrennte Anwendung für

Brenngase und Stäube steht oft im Widerspruch zur alltäglichen Praxis, wo die Stoffe häufig gleichzeitig vorhanden sind. Beim gleichzeitigen Auftreten von brennbaren Stäuben mit brennbaren Gasen bzw. Lösemitteldämpfen liegen sogenannte hybride Gemische vor. Typische Beispiele für Prozessanlagen, in denen hybride Gemische auftreten können, sind Sprühtrockner, Extrakteure, Lackieranlagen und Maschinen zur Metallbearbeitung. In der Zukunft werden verstärkt innovative Materialien, z. B. Nanostäube und hochporöse Materialien, eingesetzt werden. Über das Verhalten der sicherheitstechnischen Eigenschaften dieser Stoffe als Bestandteil hybrider Gemische gibt es zurzeit kaum Kenntnisse und keine Bestimmungsnormen. Gerade bei fein verteilten Feststoffen ist aber wegen der vergleichsweise großen aktiven Oberflächen eine besonders starke Wechselwirkung mit Gasen und Dämpfen zu erwarten.

Für hybride Gemische lassen sich die sicherheitstechnischen Kenngrößen nach den vorhandenen Normen nicht bestimmen. Aus bisherigen Forschungsarbeiten ist allerdings bekannt, dass hybride Gemische teilweise zündempfindlicher sind, erweiterte Explosionsbereiche aufweisen und die Auswirkungen von Explosionen heftiger ausfallen können im Vergleich zu Gemischen, deren brennbare Komponenten nur in einem Aggregatzustand vorliegen. Damit ist es zur Gefährdungsbeurteilung nicht hinreichend, sich auf die jeweiligen sicherheitstechnischen Kenngrößen der Einzelkomponenten (jeweils im Gemisch mit Luft) zu verlassen.

Damit in Zukunft auch standardisierte Verfahren zur Bestimmung sicherheitstechnischer Kenngrößen für hybride Gemische zur Verfügung stehen, ist es das Ziel des Verbundvorhabens geeignete Bestimmungsverfahren für hybride Gemische zu entwickeln und mit Unterstützung von DIN eine DIN-Spezifikation (DIN SPEC) zu veröffentlichen

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Sarah-K. Hahn  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Gesamtfahrzeug: Teilprojekt "Inhärent sichere Batterien für die Elektromobilität"**

Das Vorhaben Kompetenzzentrum eMobility greift die strukturbedingten Herausforderungen auf und entwickelt im Rahmen eines neu zu gründenden Kompetenzzentrums Lösungen in wichtigen Teilbereichen, welche die Kooperation zwischen KMU und universitärer Forschung und Lehre deutlich stärken. Das Wissen kann direkt in die betroffene Zulieferindustrie überführt werden und dort dazu beitragen, den Strukturwandel erfolgreich zu managen und neue wirtschaftliche Chancen zu nutzen. Neben der primären Zielsetzung des Aufbaus und Transfers von Kern-Know-How steht vor allem die langfristige Verankerung gewonnener Erkenntnisse in beschäftigungswirksamen wirtschaftlichen Strukturen im Vordergrund.

Das IAF verantwortet innerhalb des Vorhabens das Teilprojekt Gesamtfahrzeug. Im Focus der Forschung steht der Einsatz neuartiger Antriebssysteme unter Realbedingungen. Als strategischer Forschungsansatz, getragen durch eine der Nachhaltigkeit verpflichteten Entwicklungsanspruch, steht die Langlebigkeit und damit Instandsetzungsfähigkeit elektromobiler Gesamtsysteme, hierbei speziell der Elektrospeichersysteme. Hierbei konzentrieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung und Erprobung einer wartungsfreundlichen Energiespeichertechnologie in Modulbauweise, neue, einfache Systemarchitekturen für Fahrzeugsteuerungen und die systemische Gestaltung von Spezialanwendungen rund um die Batteriekonfektionierung.

Im **Teilprojekt "Inhärent sichere Batterien für die Elektromobilität"** getragen vom Institut für Apparate- und Umwelttechnik (IAUT) und vom Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik (ISUT) wird die folgende Thematik bearbeitet:

Die Verwendung bestimmter chemischer Verbindungen (reaktiv, toxisch, feuergefährlich) im Zusammenhang mit hohen Energiedichten (und der damit verbundenen hohen Wärmefreisetzung) bei Lithium-basierten Batterien stellt ein nicht zu vernachlässigendes Risiko dar. Zu hohe Temperaturen können bei Lithium-Batterien zu Druckaufbau in der Zelle, Austritt brennbarer Gase, Zellenbrand, bis hin zum sich selbst verstärkenden, explosionsartigen Abbrennen der Batterie führen (Thermal Runaway).

Im Teilprojekt werden die Mechanismen unkontrollierter Reaktionsentwicklung in Speicherbatterien hoher Kapazität untersucht. Ziel ist, geeignete in-situ-Detektionstechniken zur Erkennung früher Phasen der Reaktionsentwicklung zu identifizieren und neuartige Verfahren zur Reaktionshemmung bzw. -unterbindung zu

entwickeln.

Die Arbeiten erfolgen innerhalb der institutsübergreifenden Forschergruppe für Elektromobilität Editha.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Kristin Hecht  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2018 - 31.12.2021

### **SFB TR 63: Integrated Chemical Processes in Liquid Multiphase Systems; TP A10: Gas/Liquid Mass Transfer in Reactive Multiphase Systems**

The amination of undecanal with hydrogen is a fast reaction. The effective rate of reaction may therefore be limited not only by the reaction kinetics but also by the transport of the gas through the liquid phase. Project A10 investigates the rate-limiting steps of mass transport and reaction for a gas component in reactive, catalyst-containing novel solvent systems. The mass transport in these systems is complex due to the multiple phases, phase interfaces, and transport pathways. Project A10 quantifies the volume-specific mass transport coefficients ( $kLa$ ) in micellar solvent systems, thermomorphic phase systems, and Pickering emulsions. The goal of the project is to develop a fundamental understanding of gas/liquid mass transport in the reactive phase systems being considered in SFB/TR 63 and to provide a model that can describe the various transport pathways among all of the phases involved.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Andrea Klippel  
**Kooperationen:** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; OneSeven GmbH  
**Förderer:** EU HORIZON Europe - 01.12.2021 - 31.05.2025

### **DRYADS - A Holistic Fire Management Ecosystem for Prevention, Detection and Restoration of Environmental Disasters**

**Akronym:** DRYADS

**Ausführlicher Projekttitel:** A Holistic Fire Management Ecosystem for Prevention, Detection and Restoration of Environmental Disasters

**Forschung im Bereich:** Umwelttechnik

**Projekttitel (Deutsch):** Ganzheitliches Brandmanagement-Konzept zur Verhütung, Erkennung und Behebung von Umweltkatastrophen

**Titel des deutschen Pilot-Projekts lautet:** Brandforschung bei Waldbränden und Ableiten von Sicherheitsmaßnahmen (Fire Science of wildfires and safety measures)

Unmittelbare Folgen des Klimawandels sind längere Dürreperioden, selbst in Ländern, die traditionell viel Regen hatten, z. B. in Deutschland. Die Bundesländer Sachsen-Anhalt und Brandenburg gehören zu den am stärksten von extremer Trockenheit betroffenen Bundesländern in Deutschland. Trockene Sommer haben zu erheblichen Mengen an trockener Biomasse und zunehmenden Schäden durch Insekten und Krankheiten geführt. Wetterextreme wie Starkregen und Stürme haben zu zusätzlichen Schäden in den Wäldern geführt.

Der Trockenheitsmonitor für Deutschland zeigt, dass Sachsen-Anhalt und Brandenburg zu den trockensten Gebieten Deutschlands gehören. Bei den meisten Bränden in beiden Bundesländern handelt es sich um Bodenbrände. Es ist von entscheidender Bedeutung, die Mechanismen der Brandausbreitung bei Bodenbränden für diese Gebiete mit ihrem Lebensraum und ihrer Vegetation unter dem wachsenden Einfluss von Trockenheit und geschädigter Vegetation zu verstehen. Zu diesem Zweck werden im Deutschen Pilotprojekt des Forschungsprojekts DRYADS Experimente in mittlerem und großem Maßstab mit Bodenproben von bis zu mehreren Quadratmetern durchgeführt, um die Abhängigkeit der Brandausbreitung von verschiedenen Vegetationsarten sowie unterschiedlichen Mengen an organischer Masse im Boden und Trockenheit zu bewerten. Rauchentwicklung und Rauchtoxizität hängen von den Verbrennungsbedingungen - Verfügbarkeit von Sauerstoff und Wärmeübertragung - sowie von der Art der brennenden Vegetation ab. Ein besseres Verständnis dieser Mechanismen ermöglicht eine genauere Vorhersage der Brand- und Rauchentwicklung, was für die Bewertung und Verbesserung der Brandbekämpfungstaktik von entscheidender Bedeutung ist. Einerseits wird Wasser als das umweltfreundlichste Löschmittel angepriesen. Andererseits sind vor allem bei Bodenbränden oft erhebliche

Mengen an Wasser notwendig. Zusatzstoffe können zu einer deutlichen Erhöhung des Volumens führen und so dazu beitragen, die in Trockengebieten wertvolle Ressource Wasser zu schonen. Eine wirksame Löschung verringert den Schaden, denn es ist wichtig, sowohl den Schaden am Ökosystem durch das Feuer selbst als auch die Löschmethode zu bewerten. Es wird davon ausgegangen, dass für verschiedene Brandszenarien unterschiedliche Löschmethoden und Brandbekämpfungsmaßnahmen erforderlich sind, die von der Vegetation, dem Wetter, der Topografie und dem Gebiet abhängen. In einem Gebiet mit restriktiven Naturschutzvorschriften sind möglicherweise andere Maßnahmen und Löschmittel erforderlich als in einem Industriebwaldgebiet. Die Rauchentwicklung dieser Brände stellt ein Gesundheitsrisiko für die Feuerwehrleute sowie für die Bewohner von Dörfern in der Nähe von Waldgebieten dar. Sicherheitsmaßnahmen und Leitlinien für Situationen mit starker Rauchentwicklung, Rauchbewegung und -ausbreitung sind für die Sicherheit von Feuerwehrleuten und Bewohnern von grundlegender Bedeutung.

## 8. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Gabel, Dieter; Geoerg, Paul; Franken, Fabian; Krause, Ulrich**

Nex-Hys minimum ignition temperature of hybrid mixtures

Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science . - 2021;  
[Imp.fact.: 2.795]

**Kolstad, Einar Arthur; Frette, Vidar; Krause, Ulrich; Hagen, Bjarne C.**

Lip-height effect in diffusive pool fires

Fire safety journal - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 125 (2021), insges. 14 S.;  
[Imp.fact.: 2.764]

**Krietsch, A.; Reyes Rodriguez, M.; Kirsten, A.; Kadoke, D.; Abbas, Zaheer; Krause, Ulrich**

Ignition temperatures and flame velocities of metallic nanomaterials

Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 71 (2021);  
[Imp.fact.: 2.795]

**Spitzer, Stefan H.; Askar, Enis; Benke, Alexander; Janovsky, Bretislav; Krause, Ulrich; Krietsch, Arne**

Influence of pre-ignition pressure rise on safety characteristics of dusts and hybrid mixtures

Fuel - New York, NY [u.a.]: Elsevier . - 2021, insges. 6 S.;  
[Imp.fact.: 6.609]

**Velagala, Subrahmanyeswara; Raval, Priyank; Chowhan, Sai Charan Singh; Esmaealzade, Ghazaleh; Beyer, Michael; Grosshans, Holger**

Simulation of the flow of an explosive atmosphere exposed to a hot surface

Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 73 (2021);  
[Imp.fact.: 3.66]

**Villacorta, Edmundo; Haraldseid, Ingunn; Mikalsen, Ragni Fjellgaard; Hagen, Bjarne Christian; Erland, Sveinung; Kleppe, Gisle; Krause, Ulrich; Frette, Vidar**

Onset of smoldering fires in storage silos - susceptibility to design, scenario, and material parameters

Fuel - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Volume 284 (2021), article 118964;  
[Imp.fact.: 5.578]

**Wu, Wenying; Wei, Aizhu; Huang, Weixing; Zhao, Peng; Schmidt, Martin; Krause, Ulrich; Wu, Dejian**

Experimental and theoretical study on the inhibition effect of CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> blends on the ignition behavior of carbonaceous dust clouds

Process safety and environmental protection - Amsterdam: Elsevier, Bd. 153 (2021), S. 1-10;  
[Imp.fact.: 6.158]

**Zhao, Peng; Schmidt, Martin; Krause, Ulrich; Duan, Qiangling; Krietsch, Arne; Wu, Dejian**

Experimental study on the minimum explosion concentration of anthracite dust - the roles of O<sub>2</sub> mole fraction, inert gas and CH<sub>4</sub> addition

Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 71 (2021);  
[Imp.fact.: 2.795]

### NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Wolf, Christian; Marx, Marcus; Gabel, Dieter**

Herausforderungen bei der Bestimmung der Mindestzündenergie hybrider Gemische

Technische Sicherheit - Düsseldorf: VDI Fachmedien GmbH & Co. KG, Bd. 11 (2021), 5/6, S. 32-36;

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

### **Gabel, Dieter; Geoerg, Paul; Krause, Ulrich**

NEX-HYS - Entwicklung normungsfähiger Bestimmungsverfahren für hybride Stoffgemische

67. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. 2021: Tagungsband - Köln: VdS Schadenverhütung; Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V., vfdb - Tagungsband . - 2021, S. 69-82

### **Hahn, Sarah K.; Keutel, Karola; Vorwerk, Pascal; Krause, Ulrich**

Gasfreisetzen bei Lithium-Ionen-Batterien

67. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. 2021: Tagungsband - Köln: VdS Schadenverhütung; Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V., vfdb - Tagungsband . - 2021, S. 531-545

### **Klippel, Andrea; Gnutzmann, Tanja; Kemp, Manuel; Hofmann-Böllinghaus, Anja; Gabel, Dieter**

Experimentelle und numerische Untersuchung zur Bestimmung der Rauchgastoxizität beim Abbrand von Innenraummaterialien in Kraftomnibussen

67. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. 2021: Tagungsband - Köln: VdS Schadenverhütung; Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V., vfdb - Tagungsband . - 2021, S. 83-98

## WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEN

### **Dehoust, Günter; Gebhardt, Peter; Tebert, Christian; Köser, Heinz**

Quecksilberemissionen aus industriellen Quellen Status Quo und Perspektiven. Teil 1: Quecksilber-Entstehungs- und Verbreitungspfade der Industriebranchen in Deutschland - Abschlußbericht : Forschungskennzahl 3716533022 Dessau-Roßlau: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021, 1 Online-Ressource (PDF-Datei, 513 Seiten) - (Texte; 67/2021);

### **Dehoust, Günter; Gebhardt, Peter; Tebert, Christian; Köser, Heinz**

Quecksilberemissionen aus industriellen Quellen Status Quo und Perspektiven. Teil 2: Quecksilberminderungstechniken und Überführung von Quecksilber in Senken - Abschlußbericht : Forschungskennzahl 3716533022 Dessau-Roßlau: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021, 1 Online-Ressource (PDF-Datei, 346 Seiten) - (Texte; 68/2021);

### **Geoerg, Paul**

The influence of individual characteristics on crowd dynamics

Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH, Institute for Advanced Simulation, 2021, 1 Online-Ressource - (Schriften des Forschungszentrums Jülich\$elAS Series; Band 46);

## DISSERTATIONEN

### **Erenberg, Marina; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Analyse des Brandverhaltens von Stoßdämpfern für Behälter zum Transport radioaktiver Stoffe

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XIV, 131 Seiten, 182,12 MB), Illustrationen;

### **Rappsilber, Tim; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]**

Untersuchungen zur Bestimmung der Löschwirkung und -effizienz von Druckluftschäum

Magdeburg, 2021, XXI, 122 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

# INSTITUT FÜR CHEMIE

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67 58673, Fax 49 (0)391 67 42223  
ich@uni-magdeburg.de

## 1. LEITUNG

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dieter Schinzer (Institutsleiter)  
Prof. Dr. rer. nat. Franziska Scheffler  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Helmut Weiß  
Prof. Dr. rer. nat. Nora Kulak  
Prof. Dr. rer. biol. hum. Heike Walles

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Hon.-Prof. Dr. Ernst R.F. Gesing  
apl. Prof. Dr. Edgar Haak  
Prof. Dr. rer. nat. Franziska Scheffler  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Dieter Schinzer  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Helmut Weiß  
PD Dr. rer. nat. habil. Jochen Vogt  
Prof. Dr. rer. nat. Nora Kulak  
Prof. Dr. rer. biol. hum. Heike Walles

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

### AG Anorganische Chemie

- Siliciumchemie: Silsesquioxane, Metallasilsesquioxane
- Präparative und Strukturuntersuchungen an Organometallkomplexen der Lanthanoide
- Koordinationschemie der *f*-Elemente
- Metallorganische Chemie der frühen Übergangsmetalle
- NMR-Untersuchungen an paramagnetischen Lanthanoidkomplexen
- Röntgenstrukturanalysen an Organolanthanoidkomplexen
- Untersuchungen zur Homogenkatalyse mit Lanthanoidmetallocenen
- Entwicklung neuer Metallocenkatalysatoren für die Olefinpolymerisation
- Entwicklung von Modellverbindungen für lanthanoiddotierte Zeolith-Katalysatoren
- Koordinationschemie von Fulvenen und Azulenen
- Synthese von molekularen Vorstufen für MOCVD-Verfahren (III/V- und II/VI-Halbleiter, Metallnitride, Metallboride, Strontium-Bismut-Tantalat (SBT), Blei-Zirconat-Titanat (PZT))
- Untersuchungen zur bioanorganischen Chemie der Lanthanoide
- Spezielle Aspekte der Hauptgruppenchemie (Stannylene, Plumbylene, nichtklassische Mehrfachbindungen)
- Präparative Fluorchemie
- Ferrocenchemie

- Supramolekulare Strukturchemie von Organozinnverbindungen
- Koordinationschemie von Oxo- und Cyanokohlenstoffanionen

### **AG Organische Chemie**

- Entwicklung moderner Synthesemethoden: Diastereo- und enantioselektive C-C-Verknüpfungen
- Metallorganische Chemie: Synthese und Reaktionen von Chrom-, Mangan-, Silicium- und Zinn-Verbindungen
- Synthese von Heterocyclen durch Tandemreaktionen
- Wirkstoffsynthese: Stereoselektive Synthese von biologisch aktiven Substanzen
- Struktur-Wirkungs-Beziehungen
- Naturstoffchemie: Synthese von Terpenen, Alkaloiden und Macroliden
- Computeranwendungen in der Chemie: Reaktionsdatenbanken und Molecular Modelling

### **AG Physikalische Chemie**

- "Membranunterstützte Reaktionsführung": Adsorption, Reaktion und Desorption an anorganischen, katalytisch aktivierten Membranmaterialien
- Charakterisierung vanadium- und eisenhaltiger Katalysatoren mit Photoelektronenspektroskopie und Infrarotspektroskopie
- Ceroxid-basierte Abgaskatalysatoren: Einfluß von Dotierung, Temperatur, Reduktionsgrad und Leerstellenkonzentration auf katalytische Aktivität, Oberflächenstruktur und -dynamik
- "Inverse Katalysatoren": Beeinflussung der katalytischen CO-Oxidation auf Edelmetallen durch Ceroxid
- Katalytische Reaktionen auf atomarer Skala
- Struktur, Thermodynamik und Dynamik reiner und adsorbatbedeckter Isolator-Einkristallflächen

### **AG Technische Chemie**

- Katalysatorentwicklung: Zeolithe und zeolithartige Materialien, Optimierung der Struktur, Oberflächenchemie, Morphologie
- Metallorganische Gerüstverbindungen (MOFs)
- Beschichtungen: Trägergestützte (Reaktiv-)Kristallisation von katalytisch aktiven Systemen
- Zellulare Kompositmaterialien: katalytisch aktive Keramik- und Glasformkörper durch neue Prozessierungsverfahren
- Thermische Energiespeicherung: Support für Wärmespeichermaterialien, neuartige (keramische und hybride) Wärmespeichermaterialien
- Thermoelektrika: Prozessierung von thermoelektrischen Pulvern mittels Techniken aus der keramischen Fertigung
- Photokatalyse: Entwicklung und Testung monolithisch geträgerter Katalysatoren auf Titanoxidbasis

### **AG Core Facility Tissue Engineering**

- Tissue Engineering: Herstellung von menschlichen gesunden oder kranken Gewebemodellen zur Medikamentenentwicklung
- Studien von Infektionsmechanismen an humanen Gewebemodellen DFG Projekt AGAVE
- Zellkulturtechnik: Verfahrensentwicklung für die Stammzellbiologie
- Medizintechnik: Entwicklung von Biophantomen (BMBF Projekt Stimulate 2) zur Prüfung und Zertifizierung von Implantaten, Biomaterialien, Medizinprodukten (BMBF Projekt TIRAMISU)
- Regenerative Medizin: Translation neuer Arzneimittel, Biomedical Engineering

## 4. SERVICEANGEBOT

NMR-Messungen verschiedener Kerne an Feststoffen und Flüssigkeiten  
Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD) in Reflexion, Transmission und Kapillare, auch temperaturabhängig  
Stickstoff-Tiefemperaturadsorption  
Sorptionsmessungen mit CO<sub>2</sub>, Wasser etc.  
Quecksilberporosimetrie  
Rheologische Messungen  
Katalysatorrestung

## 5. KOOPERATIONEN

- Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. Würzburg
- CeramTec GmbH, Plochingen
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
- Dr. Wolf von Tümpling, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Magdeburg
- Evonik GmbH & Co KG, Stuttgart
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Leoni Bordnetze-Systeme GmbH, Kitzingen
- Prof. Dr. Norbert Stock, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Prof. Dr. Wolfgang Grünert, Ruhr-Universität Bochum
- Stiebel Eltron GmbH & Co KG, Holzminden

## 6. FORSCHUNGSPROJEKTE

**Projektleitung:** Prof. Dr. Nora Kulak  
**Förderer:** EU - ERASMUS+ - 28.09.2020 - 27.06.2021

### **Synthese von Curcumin-Metallkomplexen für biomedizinische Anwendungen**

Es werden neue Metallkomplexe von Curcumin-Derivaten synthetisiert, die je nach eingesetztem Metallion verschiedene biomedizinische Anwendungen haben können (z.B. cytotoxische und antimikrobielle Eigenschaften).

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Nora Kulak  
**Förderer:** Haushalt - 01.05.2020 - 30.04.2023

### **Entwicklung von Assays für Enzyminhibierung und reaktive Sauerstoffspezies**

Es werden fluorimetrische Assays entwickelt, mit denen eine Enzyminhibierung durch Metallkomplexe verfolgt werden kann. Darüberhinaus sollen für die Detektion von reaktiven Sauerstoffspezies fluorimetrische Methoden im Hochdurchsatz angewandt werden.

---

**Projektleitung:** Dr. med. Laura Gartmann, apl. Prof. Dr. habil. Ulrich Vorwerk, Prof. Dr. med. D. Jechorek, Prof. Dr. Franziska Scheffler  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2021 - 31.10.2024

### **Expression von Zinktransporterproteinen und Bedeutung der Zink-Konzentration bei Patienten mit Kopf- und Hals-Karzinomen**

Ziel der Studie ist es, die Expression von Zinktransporterproteinen und die Bedeutung der Zink-Konzentration bei Patienten mit Kopf- und Hals-Karzinomen zu bestimmen. Dabei soll zunächst die methodische Machbarkeit der Bestimmung von Zink-Konzentrationen im Gewebe geklärt werden. Des Weiteren wird die Expression des Zinktransporterproteins untersucht. Dabei ist die Rolle des Zinks, insbesondere bei der Karzinogenese von Kopf- und Hals-Karzinomen, unzureichend untersucht. Im Rahmen dieser Studie sollen nun hinsichtlich der Zinktransporterexpression tumorales und extratumorales Gewebe von Patienten mit Kopf- und Hals-Tumoren sowie aus der Mundschleimhaut von gesunden Patienten immunhistochemisch untersucht werden und wenn möglich, soll der Zinkgehalt in dem Gewebe und im Serum verglichen werden. Es wird sich ein Hinweis auf vermeintliche tumorsuppressive Effekte des Zinks erhofft. Diese könnten für zukünftige Therapien, die in die Zink-Homöostase eingreifen, genutzt werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Franziska Scheffler  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.01.2018 - 31.12.2021

### **MEMoRIAL-M2.9 | Preparation and testing of phase change materials for thermal storage**

Latent heat storage can be achieved by the phase transition of a large number of different materials (PCMs). Depending on the desired temperature range organic substances, salt hydrates, salts, or even metals can be utilised within this context.

For the purpose of technical application, the PCM has to be embedded in a higher melting containment.

The objective of this sub-project is to develop new processing routes in order to produce mechanically stable PCM beads covered with a polymer-derived ceramic layer. The project will encompass the coating of different types of PCMs, a detailed characterisation and testing, as well as the investigation of the "structure-properties" correlation.

A special focus will be directed towards the mechanical stability of the composite material during temperature cycling.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Franziska Scheffler  
**Projektbearbeitung:** Christian Künzel  
**Kooperationen:** Funktionskeramiken mit erhöhter spezifischer Oberfläche (MEMoRIAL-M2.5), Kathleen Dammler; MEMoRIAL-M2.2 | Characterisation and simulation-based development of Engineering Materials, Rostyslav Nizinkovskyi; MEMoRIAL-M2.5 | Preparation and characterisation of ceramic foams, Kathleen Dammler; OVGU/FMB/IWF, u. a. Dr. Ulf Betke; Max-Planck-Institut Magdeburg, Computational Methods in Systems and Control Theory (CSC), Data, Infrastructure, Software & Computing (DISC), u. a. Martin Köhler; OVGU/FVST/IfV, Dr.-Ing. Andreas Schlinkert; OVGU/FNW/IfP, Dr. Gordon Schmidt, Peter Veit  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.02.2017 - 30.04.2021

### **MEMoRIAL-M2.10 | Preparation and testing of thermoelectric materials**

#### **Background**

Through the possibility of printing thermoelectric (TE) materials, the specific applications in the field of waste heat recovery can be expanded. A major challenge here is the production of printed TE legs with low thermal conductivity ( ) and a simultaneously high power factor.

### Objective

»Development of a printing process for self-supporting chalcogenide layers as well as the increase of the thermoelectric transport properties

### Methods

»Use of the doctor blading printing technique as a basis with a self-developed colloid disperse printing ink through a wet grinding process by using an organic solvents and a final sintering step for compaction

### Results

TE legs were printed as microlayers ( $50 \times 50 \times 0.13 \text{ mm}^3$ ) based on a colloidal ink (made of  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ). A power factor up to  $2097 \mu\text{W}/\text{mK}^2$  was determined by 4-point and Seebeck voltage measurements. Hot-disk measurements show a drastic reduction of  $\kappa_{\text{layer}} = 0.05 \text{ W}/\text{mK}$  (by implementing phonon scattering mechanism) compared to the  $\kappa_{\text{bulk}}$  as well as the predictions from our own DFT simulations. Rietveld analyses prove  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  contents, which can be directly attributed to the organic solvent in the printing ink and could be qualitatively confirmed as crystalline inclusions by EDS as well as SEM measurement. TEM images also show encapsulation of the formed nanostructures.

### Conclusions

Considering other recent printing techniques in thermoelectrics, doctor blading showed a power factor increase of up to 65 % compared to screen printing and up to a 17 times power factor increase compared to dispenser printing.

### Originality

The research results enable a new approach to the implementation of thermoelectric generators based on printed materials for waste heat recovery.

### Keywords

Printing, doctor blading, thermoelectric, power factor, waste heat recovery

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Dieter Schinzer  
**Förderer:** Bund - 01.06.2018 - 31.05.2021

### Sorangicine und Neosorangicine als neue Strukturtypen für Breitbandantibiotika

Das wissenschaftliche Ziel ist die Weiterentwicklung der Sorangicine und Neosorangicine zu einem Antibiotikum, mit dem insbesondere *Acinetobacter baumannii* und Mycobakterien bekämpft werden können. *Acinetobacter* wird von der WHO als "critical" eingestuft, da sich insbesondere in Krankenhäusern immermehr multi-resistente Stämme entwickeln. *Mycobacterium tuberculosis* ist jährlich für mehrere Millionen Tote verantwortlich und bisher nicht optimal therapierbar.

Die Neuartigkeit des Ansatzes liegt einerseits in der Verfügbarkeit von neuen, proprietären Derivaten mit verbesserter Aktivität, die biotechnologisch herstellbar sind. Andererseits steht auch ein Syntheseverfahren zur Verfügung, das es erstmals erlaubt, die Substanzklasse in größeren Mengen bereit zu stellen und zur Herstellung weiterer synthetischer Derivate nutzbar ist. Speziell die kürzliche Entdeckung der Neosorangicine eröffnet vielversprechende Möglichkeiten, um über SAR-Studien Derivate mit verbesserter Aktivität zu konzipieren.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Heike Walles  
**Kooperationen:** Omicron-Laserage<sup>®</sup> Laserprodukte GmbH (Omicron); MedFact Engineering GmbH (MedFact); Photonscore GmbH (Photonscore); Leibniz Institute for Neurobiology Combinatorial Neuroimaging Core Facility (LIN CNI); Medical Faculty of the University Hospital Magdeburg - University Clinic for Otolaryngology, Head and Neck Surgery (UKM ENT)  
**Förderer:** Bund - 01.08.2021 - 31.07.2024

### **Zeitaufgelöste Raman- und metabolische Spektroskopie-Untersuchungen zur Detektion, Identifikation und Behandlungskontrolle mikrobieller Aktivität bei chronischer Inflammation und Kanzerogenese (TIRAMISU) - Teilvorhaben: 3D Gewebemodelle des Rachenraums FKZ: 13N15789**

Das übergeordnete Ziel, dieses mit insgesamt 4,8 Millionen Euro geförderten FuE-Verbundvorhabens, ist die Erforschung eines nicht-invasiven endoskopischen Verfahrens zur Früherkennung von mikrobiellen Infektionsherden im Menschen anhand von Stoffwechselveränderungen und molekülspezifischer ‚Fingerabdrücke‘ der Mund-Rachenmucosa und seines Mikrobioms. Das zusammengestellte Konsortium besteht mit den KMU Omicron-Laserage<sup>®</sup> Laserprodukte GmbH (Omicron), MedFact Engineering GmbH (MedFact), Photonscore GmbH (Photonscore) sowie den wissenschaftlichen Partnern Leibniz Institut für Neurobiologie Combinatorial Neuroimaging Core Facility (LIN CNI), Otto-von-Guericke Universität (OvGU) Magdeburg, Core Facility Tissue Engineering (CF TE) und der Medizinischen Fakultät des Universitätsklinikum Magdeburg - Universitätsklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie (UKM HNO). Das Konsortium besteht aus hochspezialisierten Partnern mit höchster Expertise in ihren jeweiligen Fachbereichen und stellt somit die bestmögliche Voraussetzung für das hier beschriebene hoch anspruchsvolle FuE-Projekt dar. Im Kontext des Verbundprojektes ist die Core Facility TE verantwortlich für die Unterstützung des Partners LIN bei der Festlegung der Wellenlängen, Messzeiten und Definition der Spektren für die Detektion von Biofilmen und entstehenden Tumoren im Rachenraum. Nach der Entwicklung der Flächendetektoren, können diese an den Gewebemodellen sehr präzise für die Evaluation der Belastung gesunder Zellen durch die eingesetzten Laser und Messzeiten verwandt werden. Abschließend kann mit den Gewebemodellen in "Doppelt-Blind-Studien" die Sensitivität und Spezifität des neuen TIRA-Verfahrens (Endoskops) zur Detektion von Biofilmen und Tumorentstehungen im Rachenraum eingesetzt werden. Die beiden letzten Aspekte sind wichtige Zulassungsvoraussetzungen für den zukünftigen klinischen Einsatz des neuen Endoskops.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Heike Walles  
**Kooperationen:** Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner (FVST - Lehrstuhl Mechanische Verfahrenstechnik); Prof. Dr. rer. nat. Claus-Dieter Ohl (FNW - Institut für Physik – Abt. Physik der Weichen Materie)  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.05.2021 - 30.04.2024

### **Aerosolentstehung in der Lunge und Einkapselung von Viren WA2915/12-1**

Ziel des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG mit fast 900.000 Euro geförderten interdisziplinären Projektes ist es, herauszufinden, warum es das Phänomen so genannter "Superspreader" gibt. Die drei geförderten Forscherteams gehen den Fragen nach, wie die Viruspartikel im menschlichen Körper in die winzigen Aerosole verpackt werden und welche Mechanismen dann dazu führen, dass diese Aerosolpartikel anschließend in den Atemwegen anderer Menschen anhaften, dort platzen und zu weiteren Infektionen führen. Verfahrenstechniker entwickeln anschließend Simulationsmodelle, um belastbare Vorhersagen über die Verteilung und Verbreitung der Aerosole zu treffen.

**Projektleitung:** Prof. Dr. Heike Walles  
**Förderer:** Bund - 01.10.2020 - 30.09.2025

### **Stimulate 2 - Teilprojekt Immunoprofiling**

Stimulate 2 - Teilprojekt Immunoprofiling - Bestimmung der für den Patienten individualisierten interventionell-onkologischen Therapieform zur kurativen minimalinvasiven bildgeführten Behandlung von Tumoren im iCT Setup

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Helmut Weiß  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2018 - 30.09.2024

### **Untersuchungen zur Adsorption von Wasser auf wohldefinierten NaCl(100)-Einkristallflächen**

Das Adsorptionssystem Wasser auf definierten NaCl(100)-Einkristallflächen ist aufgrund seiner Relevanz für verschiedenste Bereiche experimentell wie auch theoretisch wiederholt untersucht worden. Für die gesättigte erste Lage wurden zwei verschiedene Strukturen beobachtet eine (1x1)- und eine c(4x2)-Struktur. Es konnte gezeigt werden, dass erstgenannte erst durch Elektroneneinfluss (z.B. bei Beugung langsamer Elektronen, LEED) irreversibel in die c(4x2)-Struktur umgewandelt wird. Der Mechanismus ist nicht verstanden, kann aber von großer Bedeutung auch für andere Systeme sein, da LEED eine elementare Untersuchungsmethode zur Strukturaufklärung ist. Unklarheit herrscht auch über den Bedeckungsgrad; hier wurden für die erste Lage Wasser zwischen 0,5 und 3 Moleküle je NaCl(100)-Elementarzelle vorgeschlagen. Theoretische Untersuchungen trugen bislang wenig zur Klärung bei.

Mittlerweile konnten erste Messungen mittels Photoelektronenspektroskopie an diesem Adsorptionssystem durchgeführt werden. Sie werden jetzt weitergeführt mit dem Ziel der Absolutbestimmung der Belegung der ersten Wasserlage auf NaCl(100)-Einkristallflächen. und der Aufdeckung des Mechanismus der elektroneninduzierten Strukturumwandlung.

---

**Projektleitung:** apl. Prof. Dr. Edgar Haak  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 15.09.2019 - 30.09.2022

### **Kaskadentransformationen ungesättigter Alkohole mit bifunktionellen Rutheniumkatalysatoren, 2. Förderperiode (DFG-Nr. 265182801) ...**

Kaskadenreaktionen sind im Kontext der Wirkstoffforschung von besonderem Interesse. Die Ausbildung mehrerer Bindungen in einem Eintopfprozess erhöht die Syntheseeffizienz signifikant und erleichtert die Erzeugung verschiedener Derivate strukturell komplizierter Moleküle. Die Transformationen erzeugen molekulare Komplexität und eignen sich besonders zur Herstellung von Naturstoffen und ihren Analoga als wichtige Leitstrukturen für die Entwicklung bioaktiver Verbindungen. Übergangsmetallkatalysierte Kaskaden-transformationen einfacher acyclischer Untereinheiten, die Alken- und Alkin-Fragmente enthalten, bieten einen atomökonomischen Ansatz für die Eintopfsynthese komplexer Gerüste aus leicht zugänglichen Ausgangsmaterialien. Hinsichtlich der Zugänglichkeit sind Propargylalkohole besonders bemerkenswert. Sie sind direkt aus Aldehyden oder Ketonen durch Acetylid-Addition erhältlich. Das 1-Alkenylpropargylalkohol-Motiv stellt eine besonders vielseitige C5-Untereinheit dar, da alle fünf Kohlenstoffatome selektiv adressiert werden können und ein breites Spektrum unterschiedlich substituierter Alkine und  $\alpha,\beta$ -ungesättigter Aldehyde oder Ketone zugänglich ist. Aufgrund verschiedener funktioneller Gruppen (Alken, Alkin, -OR) können unterschiedliche Aktivierungsmodi angewendet werden, die zu diversen Kaskadentransformationen führen. Wir entdeckten, dass bifunktionelle Cyclopentadienon-Ruthenium(0)-Komplexe und ihre Iminoderivate verschiedene Additions-/Cyclisierungs-kaskaden von Propargylalkoholen mit unterschiedlichen Nucleophilen katalysieren. Die basische Koordinationsstelle des donorsubstituierten Cyclopentadienon-Liganden und die Redoxkopplung zwischen Ligand und Metall sind entscheidend für diese hochselektiven Transformationen. In Fortführung unserer bisherigen Arbeiten planen wir die Entwicklung weiterer metallkatalysierter Kaskadenreaktionen für die effiziente Synthese polycyclischer naturstoffähnlicher Verbindungen. Die Prozesse basieren auf rutheniumkatalysierten Allylierungs-/Cycloisomerisierungsreaktionen und Redoxisomerisierungs-/Michaeladditions-kaskaden und sollen

auch im Rahmen der Totalsynthese von bioaktiven Naturstoffen angewendet werden. Die asymmetrisch-katalysierte Reaktionsführung unter Verwendung chiraler Vertreter der Komplexserien bildet im Hinblick auf zukünftige Anwendungen auf dem Gebiet der Wirkstoffsynthese einen besonderen Schwerpunkt. Darüber hinaus sollen Optionen für photokatalytische Anwendungen der entwickelten Katalysatoren ausgelotet werden.

---

**Projektleitung:** Dr. rer. nat. Phil Liebing  
**Förderer:** Haushalt - 01.10.2018 - 30.09.2024

### **Heterobimetallische Koordinationspolymere mit O,S-ditopen Liganden auf Basis von Aminosäuren**

Koordinationspolymere sind potentiell in der Lage sind, poröse dreidimensionale Strukturen (MOFs; metal-organic frameworks) auszubilden. Koordinationspolymere, die mindestens zwei verschiedene Metalle enthalten, können neue, interessante Eigenschaften aufweisen und so neuartige Anwendungen eröffnen. Ziele des Projekts sind die Synthese, Strukturaufklärung und Untersuchung der Eigenschaften neuer heterobimetallischer Koordinationspolymeren mit dithiocarbamat-funktionalisierten Carboxylat-Liganden (DTCCs). Diese Liganden sind leicht und preisgünstig zugänglich und können selektiv an ein hartes und ein weiches Metall koordinieren.

---

**Projektleitung:** Dr. habil. Jochen Vogt  
**Förderer:** Haushalt - 28.06.2021 - 28.06.2024

### **Numerische Analyse molekularer Strukturen auf Oberflächen**

Die Kenntnis der Wechselwirkungsmechanismen molekularer Strukturen auf Oberflächen ist im Zusammenhang mit einer Vielzahl von Fragestellungen von fundamentalem Interesse.

Ziel des Projekts ist die Fortführung der Simulation solcher Strukturen mit Hilfe von quantenchemischen und molekulardynamischen Methoden. Darüberhinaus erfordert die experimentelle Untersuchung von Filmstrukturen mit Hilfe der Beugung langsamer Elektronen (LEED, DLEED) eine nachgeschaltete numerische Auswertung, deren Aufwand z. B. im Falle von Defektstrukturen erheblich ist. Ziel des Projekts ist einerseits die Durchführung von Oberflächenstrukturanalysen mit existierenden Computercodes. Darüberhinaus wird die begonnene Erforschung und der Test neuer numerischer Methoden zur Strukturanalyse auf Grundlage von LEED-Experimenten fortgeführt

---

**Projektleitung:** Dr. habil. Jochen Vogt  
**Kooperationen:** Universität Osnabrück, Oberflächenphysik  
**Förderer:** Haushalt - 01.07.2016 - 28.06.2021

### **Numerische Analyse molekularer Strukturen auf Oberflächen**

Die Kenntnis der Wechselwirkungsmechanismen molekularer Strukturen auf Oberflächen ist im Zusammenhang mit einer Vielzahl von Fragestellungen von fundamentalem Interesse.

Ziel des Projekts ist die Fortführung der Simulation solcher Strukturen mit Hilfe von quantenchemischen und molekulardynamischen Methoden. Darüberhinaus erfordert die experimentelle Untersuchung von Filmstrukturen mit Hilfe der Beugung langsamer Elektronen (LEED, DLEED) eine nachgeschaltete numerische Auswertung, deren Aufwand z. B. im Falle von Defektstrukturen erheblich ist. Ziel des Projekts ist einerseits die Durchführung von Oberflächenstrukturanalysen mit existierenden Computercodes. Darüberhinaus wird die begonnene Erforschung und der Test neuer numerischer Methoden zur Strukturanalyse auf Grundlage von LEED-Experimenten fortgeführt.

## 7. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Doniz Kettenmann, Sebastian; Nossol, Yvonne; Louka, Febee R.; Legrande, Julia R.; Marine, Elise; Fischer, Roland C.; Mautner, Franz A.; Hergl, Vinja; Kulak, Nora; Massoud, Salah S**

Copper(II) complexes with tetradentate piperazine-based ligands - DNA cleavage and cytotoxicity  
Inorganics - Basel: MDPI, Bd. 9 (2021), 2, insges. 23 S.;

**Haak, Edgar; Hatzfeld, Jana; Skowaisa, Steffen; Jäckel, Elisabeth; Kaufmann, Julia**

Triaminocyclopentadienyl ruthenium complexes - new catalysts for cascade conversions of propargyl alcohols  
Chemistry - a European journal - Weinheim: Wiley-VCH . - 2021, insges. 12 S. ;  
[Imp.fact.: 5.236]

**Hasemann, Georg; Betke, Ulf; Krüger, Manja; Walles, Heike; Scheffler, Michael**

Refractory metal coated alumina foams as support material for stem cell and fibroblasts cultivation  
Materials - Basel: MDPI, Bd. 14 (2021), 11; <http://dx.doi.org/10.3390/ma14112813> 10.25673/36901  
[Imp.fact.: 3.057]

**Liebing, Phil; Harmgarth, Nicole; Yang, Yi; McDonald, Robert; Engelhardt, Felix; Kühling, Marcel; Edelmann, Frank T.; Takats, Josef**

Synthesis and structure of alkaline earth Bis{hydrido-tris(3,5-diisopropyl-pyrazol-1-yl)borate} complexes:  
Ae(TpiPr<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (Ae = Mg, Ca, Sr, Ba)  
Inorganic chemistry - Washington, DC: American Chemical Society, Bd. 60 (2021), 3, S. 1877-1884;  
[Imp.fact.: 4.825]

**Lüdtke, Carsten; Sobottka, Sebastian; Heinrich, Julian; Liebing, Phil; Wedepohl, Stefanie; Sarkar, Biprajit; Kulak, Nora**

Forty years after the discovery of its nucleolytic activity - [Cu(phen)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> shows unattended DNA cleavage activity upon fluorination  
Chemistry - a European journal - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 27 (2021), 10, S. 3273-3277;  
[Imp.fact.: 5.236]

**Wacker, Max; Riedel, Jan; Walles, Heike; Scherner, Maximilian Philipp; Awad, George; Varghese, Sam; Schürlein, Sebastian; Garke, Bernd; Veluswamy, Priya; Wippermann, Jens; Hülsmann, Jörn**

Comparative evaluation on impacts of fibronectin, heparin chitosan, and albumin coating of bacterial nanocellulose small-diameter vascular grafts on endothelialization in vitro  
Nanomaterials - Basel: MDPI, 2011, Bd. 11 (2021), 8, insges. 24 S. ;  
[Imp.fact.: 5.076]

**Wiese-Rischke, Cornelia; Murkar, Rasika S.; Walles, Heike**

Biological models of the lower human airways - challenges and special requirements of human 3D barrier models for biomedical research  
Pharmaceutics - Basel: MDPI, 2009, Bd. 13 (2021), 12, insges. 13 S. ;  
[Imp.fact.: 6.321]

**Xie, Jing; Haeckel, Akvile; Hauptmann, Ralf; Pryjomska Ray, Iweta; Limberg, Christian; Kulak, Nora; Hamm, Bernd; Schellenberger, Eyk**

Iron(III) t CDTA derivatives as MRI contrast agents - increased T<sub>1</sub> relaxivities at higher magnetic field strength and pH sensing  
Magnetic resonance in medicine - New York, NY [u.a.]: Wiley-Liss, Bd. 85 (2021), 6, S. 3370-3382;  
[Imp.fact.: 4.668]

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Hohlfeld, Benjamin F.; Gitter, Burkhard; Kingsbury, Christopher J.; Flanagan, Keith J.; Steen, Dorika; Wieland, Gerhard D.; Kulak, Nora; Senge, Mathias O.; Wiehe, Arno**

Dipyrinato-Iridium(III) complexes for application in photodynamic therapy and antimicrobial photodynamic inactivation

Chemistry - a European journal - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 27 (2021), 10, S. 3273-3277;  
[Imp.fact.: 5.236]

## LEHRBÜCHER

**Vogt, Jochen**

Exam Survival Guide: Physikalische Chemie

[Heidelberg]: Springer Spektrum, 2021, XIX, 389 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm - (Lehrbuch)

## ABSTRACTS

**Schmelzer, Janett; Hasemann, Georg; Regenber, Maximilian; Betke, Ulf; Krüger, Manja; Walles, Heike; Scheffler, Michael**

Biocompatibility of pure refractory metals and their combination as high entropy alloys

Intermetallics 2021 - International Conference, 4th till 8th October 2021 : Educational Center Kloster Banz, Germany : programme and abstracts - Jena, Germany: Conventus Congressmanagement & Marketing GmbH, 2021; Krüger, Manja . - 2021, S. 172-173;

**Wacker, Max; Riedel, Jan; Scherner, Maximilian Philipp; Awad, George; Wippermann, Jens; Veluswamy, Priya; Walles, Heike; Hülsmann, Jörn**

Protein coating of bacterial nanocellulose small diameter vascular grafts leads to improved endothelialization

The thoracic and cardiovascular surgeon - Stuttgart: Thieme, 1953, Bd. 69 (2021), S01, insges. 1 S.;  
[Imp.fact.: 1.827]

## DISSERTATIONEN

**Dammler, Kathleen; Scheffler, Michael [AkademischeR BetreuerIn]; Scheffler, Franziska [AkademischeR BetreuerIn]**

Keramikschaume mit hoher Stegporosität

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XVIII, 257 Seiten, 111,81 MB), Illustrationen;

# INSTITUT FÜR STRÖMUNGSTECHNIK UND THERMODYNAMIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67 58576, Fax 49 (0)391 67 12762  
frank.beyrau@ovgu.de

## 1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. F. Beyrau (geschäftsführender Leiter)  
Prof. Dr.-Ing. D. Thévenin  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. A. Diéguez-Alonso

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. F. Beyrau (Lehrstuhl für Technische Thermodynamik)  
Prof. Dr.-Ing. D. Thévenin (Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik)  
Jun.-Prof. Dr.-Ing. A. Diéguez Alonso (Wärme- und Stoffübertragung)  
Jun.-Prof. Dr. B. Fond (Experimentelle Thermofluidodynamik)  
Apl.-Prof. Dr.-Ing. Gábor Janiga  
Prof. Dr.-Ing. (i.R.) E. Specht  
Prof. Dr.-Ing. (i. R.) J. Schmidt

## 3. FORSCHUNGSPROFIL

### Lehrstuhl für Technische Thermodynamik (Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau).

- Experimentelle Untersuchungen von Wärme- und Stofftransportprozessen: Einlaufströmungen und Mikrokanäle; Mikro-Makro-Wechselwirkungen bei der Sprühkühlung; Wärmetransportprozesse im Verbrennungsmotor.
- Ein- und zweiphasiger Wärmeübergang unter Mikrosystembedingungen: Experimentelle Untersuchung des Wärmeübergangs in Kapillarrohren und Mikrokanalverdampfern bei ebener und Ringspalt-Geometrie; Betriebscharakteristik von Kompaktverdampfern und Dimensionierung.
- Wärmeübergang und Strahl-Wand-Wechselwirkungen bei Sprühprozessen: Messung des Wärmeübergangs mittels Infrarotthermografie und Korrelation mit den charakteristischen Sprühstrahlparametern; Mikromodell auf Basis von Einzeltropfen; PDA-Messungen zur Sprühstrahlcharakterisierung.
- Automotive: thermisches Energiemanagement; Spraycharakterisierung und Gemischbildung sowie Wandfilmbildung bei der motorischen Verbrennung, Einsatz optischer Messmethoden (PDA, PIV, LIF/LIEF), Druckkammeruntersuchungen.
- Infrarotthermografie, Phasen-Doppler-Anemometrie, Thermographic Particle Image Velocimetry und Thermoanalyse: Anwendung und Weiterentwicklung von Methoden zur Bestimmung von Wärmeübergangskoeffizienten, Temperaturfeldern, Tropfengrößen- und Geschwindigkeitsverteilungen, sowie der thermischen Stoffwerte.

### Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik (Prof. Dr.-Ing. Dominique Thevenin)

- Zweiphasenströmungen: experimentelle und numerische Untersuchung von partikel- und blasenbeladenen Strömungen, sowie von tropfenbeladenen Strömungen im Zweiphasenwindkanal (Anwendungen für Meteorologie, Automobilindustrie); Einsatz verschiedener optischer Messmethoden (LDV, PDA, PTV, PIV-LIF, Shadowgraphy).

- Strömungen mit chemischen Reaktionen: Charakterisierung des Mischungsverhaltens in Mischern mit chemischen Reaktionen; Untersuchung der Flammen/Wirbel- und der Flammen/Akustik-Wechselwirkung; Eigenschaften von turbulenten Flammen in Brenner- und Motorensystemen; Vorhersage der Schadstoffemissionen in Brennern; plasma-gestützte Verbrennung.
- Strömungsmaschinen: Untersuchung der Strömung und der Instabilitäten in Laufrädern und Gehäusen, insbesondere im off-design-Betrieb; Betriebsverhalten und Wirkungsgrad von Pumpen, auch bei Förderung von Flüssigkeit-Gas-Gemischen; Berechnung und Optimierung unkonventioneller Systeme (Savonius- und Darrieus-Turbinen, Tesla-Turbinen und -Pumpen...); Validierung von Strömungsberechnungsverfahren.
- Biomedizinische und bioverfahrenstechnische Strömungen (z.B. Hämodynamik zerebraler Aneurysmen, Wave-Bioreaktoren).
- Eigenschaften von Flüssigkeiten: Rheologie, Widerstandsverminderungsprozesse in Suspensionen, hydraulischer Transport.
- Entwicklung numerischer Methoden und Computerprogramme für die Simulation laminarer und turbulenter 3D-Strömungen, evtl. mit Berücksichtigung chemischer Reaktionen; Kopplung mit einer Optimierungsschleife.
- Anwendung und Weiterentwicklung optischer Messmethoden: PIV; LIF und Two-Tracer LIF; LDA/PDA; Rayleigh; Shadowgraphy; Dreifarben Particle Tracking Velocimetry; quantitative Spezies-Messungen in reaktiven Strömungen; Filmdickenmessung; simultane quantitative Messungen (z.B. PIV-LIF, Zweiphasen-PIV).

#### **Arbeitsgruppe Thermodynamik und Verbrennung (Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht, i.R.)**

- Industrieofenprozesse: Wärmeübergangsbedingungen in Tunnelöfen, Wärmeübergangsmessungen in einem Versuchsdrehrohrofen, Simulation des Kalkbrennens in Schachtöfen, Simulation von Prozessen in Drehrohrofen. Simulation des Sinterns von Keramik in Tunnelöfen.
- Berechnung von Flammen. Optimierung von Brennern und Luftzuführung für Ausbrand, Flammenlänge, Vermischung und Vergleichmäßigung.
- Simulation des Abkühlvorganges bei der Härtung von Metallen. Modellierung der Plastizität, Berechnung von Gefüge, Wärmespannungen und Verzug, Ermittlung einer Strategie zur verzugsfreien Abkühlung.

#### **Juniorprofessur für Wärme- und Stofftransport (Jun.-Prof. Dr.-Ing. Alba Dieguez-Alonso)**

- Experimentelle Untersuchungen zur Festbettpyrolyse von Holz
- Messungen zum Wärmetransport in Festbetten
- Laser-Induzierte Fluoreszenz an Sekundär-Teersubstanzen (Phenol, Cresol, Guaiacol) in der Gasphase

#### **Juniorprofessur für Experimentelle Thermofluidynamik (Jun.-Prof. Dr. Benoit Fond)**

- Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Messung von Temperaturen und Geschwindigkeiten mit hoher Orts- und Zeitauflösung unter der Verwendung Thermographischer Phosphore
- Experimentelle Erforschung von gekoppelter Wärmeübertragung und Gasdynamik

## **4. SERVICEANGEBOT**

Wir bieten unter anderem:

- Experimentelle Bestimmung und numerische Berechnung von Um- und Durchströmungsfeldern in ruhenden und rotierenden Systemen, bei Ein- und Zweiphasenströmungen
- 3D-Simulation des Strömungs-, Konzentrations- und Temperaturfeldes mit CFD-Programmsystemen
- Druckverlust- bzw. Durchflussbestimmung, Kennwertermittlung für Durchströmungselemente
- Rheologische Untersuchungen, Fließverhaltensbestimmung von Flüssigkeiten, Suspensionen und nicht Newtonschen Fluiden
- Numerische Strömungs- und Temperaturfeldberechnungen, Analyse und Bewertung von Wärmetransportvorgängen
- Infrarotthermografische Untersuchungen mit hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung
- Untersuchung von Intensivkühlprozessen und Kühlstreckenauslegung
- Messung der Betriebscharakteristik von Klein- und Mikro-Wärmeübertragern bei ein- und zweiphasigem Betrieb

- Durchführung von Thermoanalysen (simultane thermogravimetrische und kalorische Messungen, TG, DTA, DSC, LFA) bis 1600 °C
- Messung von Geschwindigkeitsverteilungen sowie Partikelgrößen- und -dichteverteilungen (2 Komponenten LDA und PDA, Shadowgraphy)
- Messungen mit autonomen Sonden in Industrieanlagen
- Düsenuntersuchungen (Sprühstrahlcharakteristiken und Wärmeübergang, insbesondere an hoch erhitzten Oberflächen) sowie Ermittlung von Sprühstrahl-Wand-Wechselwirkungen
- Spraycharakterisierung bei der motorischen Verbrennung mit optischen Messtechniken (PDA, PIV, LIF/LIEF)
- Berechnung der Spannungen, der Gefügezusammensetzung und der Formänderung bei der Kühlung von Metallen
- Numerische und experimentelle Prozesssimulation in Schacht-, Drehrohr- und Rollenöfen

## 5. METHODIK

Am Institut stehen hochqualitative Messmethoden und numerische Simulationsprogramme zur Verfügung. Details hierzu finden Sie auf den jeweiligen Internetseiten der Lehrstühle.

## 6. KOOPERATIONEN

- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg
- Prof. Andreas Seidel-Morgenstern, MPI Magdeburg
- Prof. Bernhard Preim, Inst. für Simulation und Grafik, FIN
- Prof. Georg Rose, Lehrstuhl für Medizinische Telematik und Medizintechnik, FEIT
- Prof. Gunther Brenner, T.U. Clausthal
- Prof. Jens Strackeljan, IFME
- Prof. Kai Sundmacher, MPI Magdeburg
- Prof. Klaus Tönnies, Inst. für Simulation und Grafik, FIN
- Prof. Martin Skalej, Zentrum für Radiologie, FME
- Prof. Szilard Szabo, University of Miskolc (Ungarn)
- Prof. Udo Reichl, MPI Magdeburg
- Prof. Ulrich Maas (KIT, Technische Thermodynamik)
- Prof. Uwe Riedel, Univ. Stuttgart & DLR
- Prof. Volker John, Freie Universität Berlin
- Volkswagen AG Wolfsburg

## 7. FORSCHUNGSPROJEKTE

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.07.2020 - 31.12.2022

### **Kalkbasierter Feststoffreaktor zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Abgasen mit regenerativer Rückgewinnung der Reaktionsenthalpie**

Im Rahmen dieses beantragten Forschungsvorhabens soll ein neues Calcium-Looping-Verfahren entwickelt und untersucht werden. Die Grundidee dieses Verfahrens besteht darin, dass die Reaktionsenthalpie, die bei der exothermen CO<sub>2</sub>-Aufnahme frei wird, direkt im Reaktor zur endothermen Calcination (CO<sub>2</sub>-Freisetzung) wieder genutzt wird.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2020 - 31.05.2024

### **Strahlvermischung und Schüttguterwärmung in Festbettreaktoren**

Im Rahmen des SFB/TRR 287 (BULK-Reaktion) untersucht dieses Projekt die Wechselwirkung zwischen der Erwärmung einer Schüttung und der darin stattfindenden Gasstrahldispersion. C2 nutzt einen verfügbaren Laborschacht als Modellsystem. Zur Untersuchung der Quervermischung wird in die Schüttung von unten Umgebungsluft und von der Seite ein heißes Gas eingeblasen. Das räumliche Temperaturfeld der Gasphase und der Schüttung aus kugelförmigen Partikeln wird mittels Raman-Streuung in Lichtwellenleitern gemessen. Die Experimente werden mit Simulationen verglichen. Dabei werden die Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilung der Schüttung mit dem Standard Porösen Medium Modell berechnet. Damit klärt C2 die Frage, wie groß heute die Fehler in großskaligen DEM/CFD-Simulationen sind.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2020 - 31.05.2024

### **Experimentelle Untersuchung der Wechselwirkung von Flamme und Partikeln in Schüttungen**

Im Rahmen des SFB/TRR 287 (BULK-Reaktion) liefert dieses Projekt Messdaten von turbulenten, reaktiven Strömungen in Schüttungen. Neben der Visualisierung der Flammenausbreitung mittels Chemilumineszenzaufnahmen liefert die kohärente anti-Stokes Raman-Spektroskopie zeitlich und örtlich hochaufgelöste Gasphasen-Temperaturmessungen sowie die Konzentration einzelner ausgewählter Spezies. Laser-Doppler-Anemometrie wird zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit eingesetzt, und Oberflächentemperaturen der Partikel werden mit Phosphor-Thermometrie bestimmt. Um eine optische Zugänglichkeit zu erreichen, wird eine zweidimensionale Geometrie von Flamme (Methan) und Partikeln aufgebaut. Ebenso wird die Calzinierung von Magnesit untersucht, um eine mögliche Rückwirkung der CO<sub>2</sub>-Freisetzung auf die Gasphasenverbrennung festzustellen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.06.2017 - 31.05.2023

### **Numerische Simulation und experimentelle Charakterisierung der Nanopartikelbildung in Sprayflammen**

Die Sprayflammensynthese bietet vielfältige Möglichkeiten für die Herstellung maßgeschneiderter Nanopartikel. Allerdings ist das Zusammenspiel zwischen Spray, Turbulenz, Phasenübergang, Prekursorzerfall, Chemie und Partikelbildung so komplex, dass das Prozessverständnis als eher rudimentär zu bezeichnen wäre. Während der ersten Förderperiode (FP1) des SPP wurden dazu ein Referenzbrenner und mehrere Referenzsysteme festgelegt,

sowie Experimente und Modelle zur Beschreibung der komplexen Vorgänge entwickelt. In der zweiten Förderperiode (FP2) sollen die Experimente und Modelle erweitert und für den mittlerweile optimierten Referenzbrenner, sowie für neue Referenzsysteme angepasst werden. Dafür muss der Referenzbrenner mittels verschiedener Messverfahren experimentell charakterisiert werden (Particle Image Velocimetry, Phasen-Doppler-Anemometrie, Laser-induzierten Fluoreszenz, Elastic Light Scattering und Multiple-Angle Light Scattering). In Mehrphasensystemen sind solche Methoden allein bislang nur bedingt einsetzbar, weshalb hier die Leistungsfähigkeit der in FP1 entwickelten Kombination aus bildgebender Diagnostik und numerischen Simulationen auf das Gebiet der Partikeldiagnostik angewandt werden. Um trotz der inhärent vorhandenen Mehrdeutigkeiten eine sinnvolle Validierung von Modellen zu erzielen, werden bei dieser Methode synthetische Signale aus den numerischen Simulationen gewonnen, die anschließend direkt mit den experimentellen Signalen verglichen werden können. Die Modellierung auf Basis der stochastischen Methode "Multiple Mapping Conditioning" (MMC) erlaubt hier eine, bei hohem Detailgrad, effiziente Beschreibung aller involvierter Prozesse und ihrer Interaktionen. Aufbauend auf den Ergebnissen aus FP1 und den für FP2 zu erwartenden Optimierungen des Referenzsystems werden dabei neue Anforderungen an die Modellierung gestellt. Es müssen neue Randbedingungen definiert werden und ein neues Düsendesign mit partieller Vormischung des Dispersionsgases erfordert unter Umständen eine Erweiterung der Modellierung bezüglich der Beschreibung von stratifizierten Flammen. Zudem soll die Beschreibung des Transports der Nanopartikel von der des Gasphasentransports entkoppelt werden, um den sehr unterschiedlichen diffusiven Flüssen der beiden Phasen gerecht zu werden. Zuletzt sollen die - bisher meist unberücksichtigten - Mikroexplosionen der Prekursor-Lösungsmittel Mischungen näher untersucht werden. Mikroexplosionen werden für die meisten Zielsysteme des SPP in Einzeltropfenuntersuchungen beobachten und es ist zu vermuten, dass auf Phasengleichgewicht basierte, konventionelle Verdampfungsmodelle die Dynamik der Stofffreisetzung nicht ausreichend genau beschreiben können. Deshalb sollen (1) die Existenz dieser Mikroexplosionen erstmalig experimentell in der SpraySyn-Konfiguration nachgewiesen und (2) semi-empirische Modelle für die Darstellung in der Gesamtsimulation entwickelt werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.02.2020 - 30.04.2022

### **Dreidimensionale Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen in Fluiden unter Verwendung Thermographischer Phosphore als Tracer-Partikel**

Turbulente Strömungen sind von Natur aus dreidimensional. Im Laufe des letzten Jahrzehnts hat die Entwicklung der Tomographischen Particle Image Velocimetry (PIV) dreidimensionale Geschwindigkeitsmessungen ermöglicht, wodurch erhebliche Fortschritte im Verständnis turbulenter Strömungsstrukturen erzielt werden konnten. In vielen Wärmeübertragungsprozessen - unabhängig davon, ob sie natürlichen Ursprungs sind (z.B. freie Konvektion) oder induziert werden, um die Effizienz verschiedener Geräte (z.B. Gasturbinen und elektronische Schaltungen) zu verbessern - ist die alleinige Kenntnis des Geschwindigkeitsfeldes zur eindeutigen Beschreibung der Strömung nicht ausreichend. Vielmehr werden simultane Temperaturmessungen benötigt. Dieses Projekt stellt ein neues Konzept für simultane dreidimensionale Temperatur- und Geschwindigkeitsmessungen vor. Das Messkonzept basiert auf der Kombination Thermographischer Phosphore mit dreidimensionalen, partikelbasierten Geschwindigkeitsmesstechniken. Anders als bei dreidimensionalen skalaren Messtechniken, die auf tomographischer Rekonstruktion volumetrischer Signale basieren, wird hier die Temperatur individueller, Mikrometergroßer Phosphorpartikel untersucht. Die Position der Partikel kann entweder durch Triangulation, oder durch Tomographische PIV Algorithmen präzise rekonstruiert werden, sodass ein dreidimensionales Temperaturfeld entsteht. Dieses Konzept ermöglicht hohe räumliche Auflösung. Zur Anregung der Partikel und zur spektral gefilterten Aufnahme ihrer Lumineszenz werden lediglich zwei zusätzliche Kameras und ein UV Laser benötigt. Im Rahmen dieses Projektes wird unter Verwendung bereits vorhandener Laser- und Kamerasysteme ein 6-Kamera-System in Kombination mit breiten Lichtschnitten (~7-10 mm) aufgebaut. Erste Messungen werden in einer beheizten Düse durchgeführt. Da sich in diesem Standard-Testfall klar definierte isotherme Gebiete ausbilden, kann dieser Versuch dazu genutzt werden, die Messtechnik hinsichtlich ihrer Temperaturgenauigkeit zu beurteilen, und mögliche Fehler in der Positionsbestimmung zu detektieren. Erste Imaging-Tools für geringe Partikelanzahldichten (0,005 Partikel pro Pixel) werden unter Verwendung von Triangulation zur Positionsbestimmung und simpler Pinhole-Projektion zur Zuordnung der Lumineszenzsignale entwickelt. Anschließend werden Methoden für Messungen mit höheren Partikelanzahldichten basierend auf tomographischen Rekonstruktionsalgorithmen konzipiert. Zur Demonstration wird diese innovative 3D Temperatur- und Geschwindigkeitsmesstechnik für Messungen in Nachlauf eines beheizten Zylinders verwendet. Diese Messungen ermöglichen eine simultane Visualisierung isothermer und iso-vortizitärer Oberflächen und

verdeutlichen die Bedeutung solcher Messungen für die Untersuchung komplexer Wärmeübertragungs-Phänomene. Dies ist essentiell z.B. für das fundamentale Verständnis freier Konvektion in der Natur oder zur Verbesserung der Kühlleistung von Industriegeräten.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Florian Schulz, Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.11.2019 - 31.10.2022

### **Detektion von Teilentladungen**

In elektrischen Übertragungsnetzen kann die Alterung von Erdkabeln zu Teilentladungen zwischen den Leitungen und dem Erdreich führen. Die Intensität nimmt mit zunehmendem Alter der Erdkabel zu. Die bisher zur Verfügung stehenden Methoden zur Bestimmung des Zustandes der Kabel sind sehr kosten- und zeitintensiv.

Auf Basis der Laser-Vibrometrie soll ein Verfahren entwickelt werden, mit dem kleinste Vibrationen, die aus den Teilentladungen resultieren, detektiert werden können.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Jörg Sauerhering, Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

### **Kompetenzzentrum eMobility - Forschungsbereich Antriebsstrang: Teilprojekt "Innovative Kühlkonzepte für Elektroantriebe"**

Das Vorhaben Kompetenzzentrum eMobility greift die strukturbedingten Herausforderungen auf und entwickelt im Rahmen eines neu zu gründenden Kompetenzzentrums Lösungen in wichtigen Teilbereichen, welche die Kooperation zwischen KMU und universitärer Forschung und Lehre deutlich stärken. Das Wissen kann direkt in die betroffene Zulieferindustrie überführt werden und dort dazu beitragen, den Strukturwandel erfolgreich zu managen und neue wirtschaftliche Chancen zu nutzen. Neben der primären Zielsetzung des Aufbaus und Transfers von Kern-Know-How steht vor allem die langfristige Verankerung gewonnener Erkenntnisse in beschäftigungswirksamen wirtschaftlichen Strukturen im Vordergrund.

Ausgehend von einem mehrfach patentierten, weltweit einzigartigen Leichtbaumotorkonzept der OVGU konzentrieren sich die Arbeiten im Forschungsbereich ANTRIEBSSTRANG auf die Weiterentwicklung und prototypische Darstellung der neuen Motortechnologie, deren Integration in den Antriebsstrang sowie deren Betrieb entsprechend gegebener Sicherheits- und Komfortanforderungen (Fahrndynamik). Gleichzeitig bieten sich im Bereich der Grundlagenforschung weitere Innovationsschritte zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Motortechnologie, die in diesem Förderzeitraum erschlossen und in Prototypen umgesetzt werden sollen.

Das Teilprojekt "Innovative Kühlkonzepte" befasst sich mit der Kühlung des Leichtbaumotors, welcher, bedingt durch eine neuartige Wicklung, sehr hohe Leistungsdichten erreichen kann. Aus der hohen Leistungsdichte resultiert jedoch auch eine hohe thermische Belastung der Bauteile, was wiederum einer sehr effizienten Kühlung sowie minimierten thermischen Widerständen zwischen Wärmequelle und Wärmesenke bedingt. Ausgehend von vorangegangenen Arbeiten soll im Rahmen der Projektlaufzeit der Wärme- und Stofftransport in diesen Elektromaschinen sowohl numerisch als auch experimentell mittels optischer Messverfahren an zu konzipierenden Versuchskörpern untersucht werden. Es sollen hierbei sowohl einphasige Fluidkühlung in strömungsoptimierten Kanälen als auch die Mehrphasenkühlung Beachtung finden, wobei als Messtechniken Bilanzierungsmethoden, Infrarotthermografie und eventuell Lasermessverfahren anzuwenden sind. Begleitend zu den experimentellen Arbeiten sind Numerische Berechnungen durchzuführen. Ein weiterer Aspekt der Arbeit liegt in den neuartigen Klebe- und Folienwerkstoffen, mit welchen die Hochvoltwicklung vom Stator zu trennen ist. Da diese notwendigen Komponenten einen zusätzlichen thermischen Widerstand darstellen, welcher in einer höheren maximalen Bauteiltemperatur resultiert, ist dieser möglichst zu minimieren. Speziell in dieser Fragestellung kommt die interdisziplinäre Organisation des Gesamtforschungsvorhabens zum Tragen, da hier auch die Kompetenzen aus dem Institut für Werkstoff- und Fügetechnik vorliegen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Jörg Sauerhering, Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2021

**Kompetenzzentrum eMobility, Forschungsbereich Gesamtfahrzeug, Teilprojekt Energetische Optimierung der thermischen Konditionierung im E-Fahrzeug**

Die in E-Fahrzeugen zur Anwendung kommenden Li-Ion-Zellen haben ihre höchste Lebensdauer und optimale Funktion innerhalb eines kleinen Temperaturfensters. Das zunehmend zur Anwendung kommende Schnellladen setzt innerhalb einer kurzen Zeitspanne eine hohe Verlustleistung frei, welche möglichst ohne Überschreitung der kritischen Zelltemperaturen zu dissipieren ist. Im Rahmen des Teilprojektes soll hierfür Thermomanagement entwickelt und validiert werden, wobei der Fokus auf den Phasenwechselmaterialien, den Mikrokanälen, nichtmetallischen Werkstoffen und Klebeverbindungen liegen soll. Die im Teilprojekt zur Anwendung kommenden Methoden umfassen hierbei sowohl experimentelle Untersuchungen an zu konzipierenden Batteriemodulen, Numerische Simulationen des Wärme- und Stofftransportes und der Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften neuartiger Materialkombinationen.

Ein weiterer Schwerpunkt des Teilprojektes ist die Integration aller relevanten Komponenten in ein thermisches Gesamtmodell eines E-Fahrzeuges, mit welchem anschließend eine energetische Optimierung durchführbar wird.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.03.2021 - 31.08.2023

**Intensivierung der Trocknung in Trommelkonvektivtrocknern durch Optimierung des Einflusses von Einbauten am Beispiel von Modellstoffen und holzartiger Biomasse**

Der thermische Trocknungsvorgang stellt häufig, neben einer ggf. notwendigen mechanischen Zerkleinerung, den zeit- und energieintensivsten Schritt bei der stofflichen und thermischen Nutzung feuchter Biomassen dar. Die dabei zu behandelnden Güter umfassen ein sehr breites Spektrum von natürlichen Ausgangsmaterialien, von erntefrischen Lebensmitteln, landwirtschaftlichen Abfällen bis hin zu unterschiedlichsten holzartigen Stoffen. Bei allen diesen Gütern sind nicht nur der Zeit- und Energieaufwand, sondern auch die Qualität des Trocknungsvorgangs von sehr großer Bedeutung für die Nutzbarkeit der zu gewinnenden Produkte.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.07.2020 - 22.12.2022

**Kalkbasierter Feststoffreaktor zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Abgasen mit regenerativer Rückgewinnung der Reaktionsenthalpie**

Die Kalk- und Zementindustrie sind für ca. 5 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Etwa die Hälfte des CO<sub>2</sub> kommt aus dem Produkt selbst durch die Kalksteinzersetzung  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ . Dieses CO<sub>2</sub> kann durch den Einsatz regenerativer Energien nicht vermieden werden. Daher muss das CO<sub>2</sub> abgeschieden werden. In dem Vorhaben wird ein Feststoffreaktor entwickelt, der nach dem Calcium-Looping-Verfahren arbeitet. Hier wird zur CO<sub>2</sub> exothermen Absorption ( $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ ) das Abgas verdichtet und zur endothermen Calcination ( $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ) mit der CO<sub>2</sub>-Freisetzung das Gas entspannt. Dadurch läuft die exotherme Absorption (Carbonisation) auf einem höheren Temperaturniveau ab als die endotherme Calcination. Die freiwerdende Wärme wird in den Partikeln des Reaktors regenerativ gespeichert und danach zur Calcination verwendet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.02.2021 - 31.01.2022

### **Neues Tunnelofenkonzept zur Einsparung fossiler Energie und CO<sub>2</sub> beim Brennen von Ziegeln**

Ziel des Forschungsvorhabens ist das theoretische Einsparpotential zu nutzen und sowohl die Energieeffizienz des Tunnelofens zu steigern, als auch den Verbund zwischen Ofen und Trockner optimaler zu nutzen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.04.2021 - 31.03.2023

### **Einfluss des Ejectings auf die Kühlung beim Stranggießen von NE-Metallen**

Die angestrebten Forschungsergebnisse verbessern das Prozessverständnis für den Strangguss von NE-Metallen. Dazu werden die örtlichen Verläufe des Wärmeübergangs und die Wirkung der Einflussparameter bereitgestellt. Die angestrebten Forschungsergebnisse ermöglichen daher eine bessere Auslegung und ein verbessertes Design von Kühleinrichtungen von Stranggussanlagen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.08.2019 - 31.01.2022

### **Definierte Einstellung von Wärmeübergangsprofilen in Sprühdüsenfeldern zur Optimierung der Wärmebehandlung in Banddurchlaufanlagen.**

In vielen Industriezweigen wird aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten auf Gewichtseinsparung und Ressourcenschonung gesetzt. Die Umsetzung dieser Zielsetzungen, sowie die Vorgaben der Politik, führen zur Entwicklung verbesserter Strukturwerkstoffe. Zur Herstellung dieser Werkstoffe werden neue Wärmebehandlungsmöglichkeiten benötigt, um die geforderten mechanischen Eigenschaften mit günstigen Legierungskonzepten zu erreichen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.05.2018 - 30.04.2021

### **Einfluss geometrischer Anordnungen aus Strahl- und Vollkegeldüsen auf die Intensivkühlung bewegter dicker Bleche**

Mit steigenden Anforderungen an die Materialien wachsen auch die Forderungen an eine ausgereifte Wärmebehandlungstechnologie bestehend aus Aufheizung und gezielter Kühltechnologie. Für die Auslegung einer Kühlstrecke ist eine Vielzahl von Fragen zu lösen. Zunächst ist in Abhängigkeit vom Produkt zu entscheiden, welcher Düsentyp zum Einsatz kommen soll, d.h. Vollkegel-, Vollstrahl- oder Flachstrahldüse. Diese Entscheidung erfordert Grundkenntnisse über die einzelnen Düsentypen. Dann ist die Positionierung der Einzeldüsen im Kühlfeld festzulegen. Neben der Festlegung des Düsenabstandes, der fluchtenden oder nicht fluchtenden Düsenanordnung geht es um die Frage des einzustellenden Spritzwinkels und des Düsenabstandes zum Blech. Auch Betriebsparameter wie Düsendruck, Bandgeschwindigkeit und Grenzen der Kühlwassertemperatur gehören dazu. Die optimale Festlegung dieser Parameter ist im Wesentlichen vom zu kühlenden Material, den Qualitätsanforderungen an das Material und dessen geometrischer Größe wie z.B. der Dicke abhängig.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.07.2021 - 30.06.2023

### **Entwicklung neuartiger Entlüftungselemente für den Druckguss auf Basis von Simulationsmodellen**

Das Druckgussverfahren oder HPDC (aus dem englischen **H**igh **P**ressure **D**ie **C**asting) ist ein Gießverfahren für Metalle, wie Aluminium, Zink, Magnesium oder Siliziumtombak, das durch seine Eignung für die Serienproduktion insbesondere im Automobilbereich angewendet wird. Bei dem Verfahren wird die flüssige Schmelze unter hohem Druck von ca. 5 - 20 MPa und mit einer hohen Formfüllgeschwindigkeit bis zu 80 m/s in eine Druckgussform gedrückt, wo sie dann erstarrt. Der Vorteil des Verfahrens ist, dass eine Dauerform verwendet wird, die je nach Gießwerkstoff für 100.000 - 2.000.000 Schuss verwendet werden kann.

Ziel im hier geplanten Projekt ist die Entwicklung eines mehrskaligen Simulationsmodells mit dessen Hilfe die Entlüftungselemente berechnet werden können. Weiteres Ziel ist es, dass für jede Anwendung optimal ausgelegte Entlüftungselemente entwickelt und hergestellt werden können. Dies soll im Rahmen des Projektes an mindestens einem Bauteil nachgewiesen werden. Der innovative Lösungsansatz im Projekt besteht darin, dass ein validiertes, multiskaliges Simulationsmodell für das betrachtete Problem entwickelt werden soll.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Stefan Hoerner, Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold, Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin, Prof. Dr.-Ing. Christian-Toralf Weber, Prof. Dr. Jürgen Häberle, Prof. Yves Delannoy, Dr.-Ing. Pierre-Luc Delafin, Dr.-Ing. Cyrille Bonamy  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2021 - 31.12.2023

### **OPTIDE – Leistungssteigerung und Verbesserung der Dauerfestigkeit von vertikalachsigen Wasserturbinen durch aktive Schaufeljustierung**

Vertikalachsige Turbinen sind eine flächeneffiziente Technologie zur nachhaltigen Nutzung von Gezeitenströmungen. Die vertikale Drehachse sorgt allerdings zu einem dynamischen Strömungsabriss, der die Effizienz der Turbinen herabsetzt und im schlimmsten Fall zu Materialversagen durch Ermüdungsbrüche führen kann. In die Schaufeln integrierte Antriebe sollen dafür sorgen, dass sich die Turbinenschaufeln während jeder Umdrehung optimal an die Strömung anpassen, in dem die Schaufel gepitcht wird. Ein dynamischer Strömungsabriss kann so verhindert werden. Das führt zu einer höheren Effizienz bei geringeren Strukturbelastungen und das Selbststartverhalten der Turbine kann verbessert werden. Zur Ermittlung einer optimierten Regelung der Pitchfunktion werden experimentelle Hardwarebasierte Optimierungsmethoden mit numerischen Methoden kombiniert.

Das Projekt ist eine internationale Kooperation des Instituts für Strömungstechnik und Thermodynamik und des Instituts für Elektrische Energiesysteme der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg mit dem Institut für Maschinenbau der Hochschule Magdeburg-Stendal und dem Laboratoire des Écoulements Géophysiques et Industriels der Université Grenoble-Alpes.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Seyed Ali Hosseini  
**Kooperationen:** Prof. Fathollah Varnik, Ruhr-Universität Bochum  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2020 - 31.07.2024

### **Lattice-Boltzmann-Simulationen der reagierenden Gasströmung in ruhenden und bewegten Schüttungen kleiner Abmessungen mit Partikeln komplexer Form**

Das Projekt führt zeit- und orts aufgelöste LB-Simulationen der reagierenden Gasströmung in statischen und bewegten Partikelschüttungen durch. Es wird ein gemeinsamer LB-Solver für direkte numerische Simulation entwickelt. Aufgrund des großen numerischen Aufwands werden Schüttungen mit wenigen Partikeln simuliert. Angefangen wird mit nicht-reaktiven Simulationen in statischen Schüttungen sphärischer, monodisperser Partikel, gefolgt von polydispersen sphärischen Partikeln, einer vorgegebenen, langsamen Partikelbewegung, vereinfachten Gasphasenreaktionen, Schüttungen von Partikeln mit nicht-regelmäßiger Geometrie und als letzter Schritt mit vollständigen Reaktionsmechanismen für die Gasphase. Über Parametervariation werden die

wesentlichen Kontrollprozesse ermittelt und umfangreiche Referenzdaten generiert. Auf Basis der reagierenden LB-Simulationen werden reduzierte Reaktormodelle in Form von Tabellen für die Hohlräume zwischen Partikeln für großskalige DEM/CFD-Simulationen zur Verfügung gestellt.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Abdus Samad, IIT Madras  
**Förderer:** Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V. (DAAD) - 01.07.2019 - 30.06.2021

### **Optimization of Wave Energy system - A Primitive Model for Indian Coastal Lines**

Main scientific objectives of the project are:

- Coupling script-controlled Computational Fluid Dynamics (CFD) and efficient optimization code for a turbine design harvesting wave energy system;
  - Finding optimal solution and design of the turbine through CFD analysis;
  - Design, fabricate, and test the optimized turbine in a real time environment;
  - Design and implement a suitable control algorithm to be coupled to the turbine during the tests in order to extract maximum power to supply continuous power without any disturbance.
- 

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Förderer:** BMWi/AIF - 15.11.2019 - 28.02.2021

### **Entwicklung einer intelligenten, integrierten Trennschichtregelung für Zentrifugalpumpen**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Verfahrens zur kontinuierlichen Ermittlung und Analyse der Trennschicht zwischen den Flüssigkeiten oder ihrer relativen diffusen inneren und äußeren Grenzschichten. Über die kontinuierliche Ermittlung der Position dieser Trennschicht kann eine Regelung der Trennung und der Ausgangsströme erfolgen, sodass ein konstanter Trennungsgrad von über 95 % auch im praktischen Einsatz erreicht werden kann.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Romuald Skoda, Ruhr-Universität Bochum; Prof. Christian Hasse, TU Darmstadt  
**Förderer:** Industrie - 01.04.2019 - 30.06.2022

### **Flüssig-Gasgemischförderung mit Kreiselpumpen**

Kreiselpumpen werden für die Förderung reiner Flüssigkeiten ausgelegt. Die Förderung bricht besonders bei Radialpumpen bereits bei sehr geringen Gasbeladungen der Flüssigkeit ein. Bereits bei erwarteter geringer oder kurzzeitiger Gasbeladung weicht der Anlagenbetreiber trotz einer u.U. nicht zu der jeweiligen Anlage passenden Auslegung auf andere, gegen Gasbeladung resistenter Pumpenbauarten aus, was mit wirtschaftlichen und energetischen Nachteilen verbunden ist. Eine rechnerische Erfassung dieses Vorgangs ist bisher nicht möglich, und die Einsatzgrenzen der Kreiselpumpen bei der Förderung gasbeladener Flüssigkeiten sind nicht vorhersagbar. In dem vorgeschlagenen Vorhaben soll ein 3D-Rechenverfahren zur möglichst genauen Vorhersage des Förderhöhen einbruchs entwickelt und an Radialpumpen messtechnisch validiert werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei ein geringer Rechenaufwand durch die Entwicklung von recheneffizienten momentenbasierten Mehrphasenmodellen und die Verwendung von lizenzkostenfreier OpenSource Software, die die Nutzung des Rechenverfahrens auch in KMU erlaubt. Das Rechenverfahren soll nach Projektende in den F&E-Prozess der Pumpenindustrie implementiert werden. Der Transfer wird durch die Einbindung in eine durchgängige Toolkette und Schulungen für die Industrie unterstützt.

Kreiselpumpen sind die am weitesten verbreitete Pumpenbauart. Die Entwicklung von Hocheffizienz-Kreiselpumpen leistet einen entscheidenden Beitrag zur Einsparung von Antriebsenergie. Das Projekt schafft das

notwendige Basiswissen, um Hocheffizienz- Kreispumpen für die Förderung von Flüssigkeiten mit moderater oder kurzzeitiger Gasbeladung auszulegen und wirtschaftlich sinnvoll zu betreiben. Ein Wettbewerbsvorteil entsteht, indem die Pumpenhersteller durch den Einsatz der Berechnungsmethode die Einsatzgrenzen ihrer Pumpen präziser bestimmen und ausweiten können. Dadurch kommt es zu einer Diversifizierung des Marktes für Kreispumpen und zu erheblichen Energieeinsparungen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Holger Theisel, Inst. für Simulation und Grafik  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2019 - 31.12.2022

### **DNS und visuelle Analyse von Superstrukturen in turbulenten Kanälen mit Mischung durch parallele Injektion**

Um das Auftreten und die Auswirkungen von Superstrukturen in turbulenten Mischungen in Kanälen bei hohen Reynoldszahlen unter paralleler Injektion zu untersuchen, wird eine Kombination aus Direct Numerical Simulation (DNS), Wirbelextraktion, sowie eine feature-basierte Visualisierung vorgeschlagen. Hierfür sind keine Standardansätze vorhanden.

Für die DNS ist die Herausforderung, hohe Reynoldszahlen auf HPC-Systemen zu behandeln.

Weiterhin müssen Modelle bereitstehen, die numerisch alle Strömungseigenschaften, die für die Vermischung relevant sind, beschreiben.

Für die Wirbelextraktion gibt es drei Herausforderungen: zum einen verhindert die vorhandene Turbulenz, dass lokale Standard-Wirbelmasse genutzt werden können. Stattdessen

sind Lagrange- oder hierarchische Wirbeldefinitionen notwendig. Zum zweiten muss die Wirbelextraktion so parametrisiert werden, dass die interessantesten und nicht unbedingt die stärksten Wirbelstrukturen gefunden werden. Zum dritten muss die Extraktion on-the-fly erfolgen, da die pure Menge an Simulationsdaten keine anderen Lösungen zulässt.

Um die Phänomene zu analysieren, werden DNS, Wirbel-Extraktion und Visualisierung in einem feedback-loop kombiniert. Während eine mehrstufige POD zusammen mit einer automatischen Wirbel-Extraktion on-the-fly durchgeführt wird, werden die dabei entstehenden Wirbelstrukturen in einem Postprocessing-Schritt visuell analysiert.

Diese effiziente Kombination aus DNS, POD und visueller Analyse soll die Identifizierung von Superstrukturen ermöglichen und helfen, deren Auswirkungen auf Transportprozesse zu erklären.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Andreas Seidel-Morgenstern, MPI Magdeburg; Prof. Heike Lorenz, MPI Magdeburg  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 30.09.2019 - 30.09.2022

### **Vermessung und Modellierung des Wachstums von Kristallen**

Zur gezielten Auslegung und Optimierung von Kristallisationsprozessen ist die Kenntnis der Wachstumsgeschwindigkeiten der Kristalle von zentraler Bedeutung. Diese Geschwindigkeiten sind spezifisch für die jeweils betrachteten Stoffsysteme und hängen stark vom eingesetzten Lösungsmittel, der Temperatur und den aktuellen Konzentrationsverhältnissen ab. Gegenwärtig verfügen wir über kein ausreichend zuverlässiges Instrumentarium zur Vorhersage dieser wichtigen Eigenschaft von Kristallen und es besteht ein Bedarf an zuverlässigen Mess- und Modellierungsmethoden. Unter den vorgeschlagenen Möglichkeiten eignet sich insbesondere der Einsatz der experimentellen Beobachtung der Dynamik der Größen- und Formveränderung von Einzelkristallen unter in sogenannten Wachstumszellen zuverlässigen und effizient einstellbaren Bedingungen. Numerisch erscheinen Lattice-Boltzmann-Ansätze besonders zielführend, um das Kristallwachstum unter Berücksichtigung der Hydrodynamik und aller Konzentrations- und Temperaturfelder zu beschreiben. Die Analyse der Versuchsergebnisse mit dem Ziel der Identifikation von Wachstumsmechanismen sowie der Schätzung von kinetischen Parametern erfordert dabei eine genaue Kenntnis der Fluidynamik in den Messzellen. Diesem Aspekt wurde in bisherigen Arbeiten, die in der Regel auf der Annahme idealer Vermischungen basierten, kaum Rechnung getragen. Weiterhin wurden bisher die Einflüsse von Abweichungen von isothermen Bedingungen sowie

Auswirkungen von Verunreinigungen und gezielt zugesetzten Additiven nicht bewertet. Die hier angestrebte Kombination aus Einzelkristallexperimenten mit detaillierten numerischen Simulationen soll eine vollständige Aufklärung der zugrundeliegenden Mechanismen erlauben.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Matthias Kraume, FG Verfahrenstechnik, TU Berlin  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2014 - 30.06.2022

### **Dispersion und Koaleszenz in gerührten mizellaren Dreiphasensystemen**

Apolare Edukte können in mizellaren Lösungsmittelsystemen mit wasserlöslichen Katalysatoren umgesetzt werden. Um eine ökonomisch sinnvolle Reaktionsgeschwindigkeit und eine schnelle Abscheidung des Produkts zu erreichen, müssen die Bedingungen so eingestellt werden, dass sich ein Dreiphasensystem bildet. Die Tropfengrößenverteilungen (TGV) der durch den Rührer erzeugten bidispersen Systeme sind für beide Prozessschritte entscheidend, wurden aber bisher noch nicht charakterisiert. Diese TGV sollen durch Erweiterung experimenteller (AG Kraume) und numerischer Methoden (AG Thévenin) bestimmt werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Einar Krus, Univ. Duisburg-Essen; Prof. Hartmut Wiggers, Univ. Duisburg-Essen  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2017 - 31.07.2023

### **Nanopartikelentstehung aus Prekursor-beladenen Tröpfchen: Strömungssimulation; Populationsdynamik von Partikeln und Tröpfchen; experimentelle Validierung**

Der Übergang von der Flüssig- in die Gasphase und das sich daran anschließende beginnende Partikelwachstum ist im Bereich der Sprayflammsynthese ein wenig untersuchtes Forschungsgebiet. Dabei fehlt es bisher sowohl an geeigneten experimentellen Untersuchungsmöglichkeiten als auch an numerischen Modellen, diese Phasenübergänge im Verlauf der Sprayflammsynthese umfassend zu beschreiben. Somit bleiben wichtige Teilschritte auf dem Weg vom Spray zum Partikel im Bereich der Spekulation.

Dieses Projekt hat es sich zum Ziel gesetzt, in einem Sprayflammenreaktor den Übergang von der flüssigen (Tropfen)-Phase in die feste Partikel-Phase detailliert zu untersuchen. Dabei kommt eine Kombination aus experimentellen und numerischen Werkzeugen zum Einsatz, die sich in ihren Möglichkeiten hervorragend ergänzen. Diese Arbeiten sollen insbesondere dazu dienen, den Übergang von der Spray/Tropfenphase in die Partikelphase zu untersuchen und so die Partikelentstehungsprozesse besser zu verstehen, um daraus relevante Parameter bezüglich einer zielgerichteten Sprayflammsynthese zu identifizieren, die dann zur Prozessoptimierung und zur Skalierung des Verfahrens verwendet werden können.

Die Aufgaben in Magdeburg betrifft die Berechnung der Trajektorien von verdampfenden Tropfen mittels DNS.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr.-Ing. Alba Dieguez-Alonso  
**Förderer:** Haushalt - 01.09.2020 - 31.08.2023

### **Numerische Untersuchung von heterogenen reaktiven Partikelsystemen**

Umwandlungsprozesse von reaktiven Partikeln werden mittels computational fluid dynamics (CFD) untersucht. Dafür werden sowohl die Strömungen der Gasphase um den Partikel herum, als auch durch die Porenstruktur simuliert. Darüber hinaus werden die chemischen Reaktionen und die Transportprozesse der reagierenden Spezies zur Oberfläche und von der Oberfläche hinweg in den Modellen berücksichtigt. Als Modellsysteme für die Simulationen dienen die Pyrolyse von Biomasse. Die Simulationen werden mit Daten aus den experimentellen Arbeiten ergänzt und validiert. Die Genauigkeit der Simulationen wird durch die Verwendung dreidimensionaler Geometrie (inner Partikel Morphologie) der Partikel verbessert. Zur Validierung der Modelle

werden Versuchsergebnisse aus einer speziell angefertigten Messzelle für reaktive Partikel verwendet.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Benoit Fond  
**Kooperationen:** Polish Academy of Sciences Institute of Low Temperatures and Structure Research, Division of Optical Spectroscopy  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2019 - 01.11.2022

### **Co-doping von Übergangsmetallen in Lanthanoid-basierten Phosphoren zur Steigerung der Lichtemission als Grundlage für helle, abstimmbare Thermometer.-**

Das Hauptziel des Projektes ist es, die Photolumineszenz-Eigenschaften von Lanthanoid-basierten, optischen Thermometern durch Co-doping mit Übergangselementen zu verbessern. Aufgrund des signifikant höheren Absorptionsquerschnitts von Übergangsmetallen wird die Emissionsintensität der Lanthanoid-Ionen erhöht, was zu einer höheren Signalstärke des resultierenden Thermometers führt. Darüber hinaus ist die Energieübertragung zwischen dem Übergangsmetall und dem Lanthanoid stark von der Temperatur abhängig, weshalb diese Methode die Temperatursensitivität von codotierten, lumineszierenden Thermometern verbessern kann. Um dieses Ziel zu erreichen, muss

der Co-doping-Prozess von Übergangsmetallen in Lanthanoidbasierten Phosphoren in mikrokristallinen Partikeln verstanden werden. Die Emissionsintensität und die Sensitivität von Lumineszenz-Thermometern hängt von vielen Werkstoffparametern ab. Zu diesen zählen das lokale Kristallfeld, die Phononen-Energie, die Dotierstoff-Konzentration oder die Energieniveau-Differenz

zwischen angeregten Zuständen der Lanthanoide und dem Übergangsmetall. Ein besseres Verständnis des temperaturabhängigen Energieübertragungs-Prozesses ermöglicht die Kontrolle und die gezielte Entwicklung von Lumineszenz Thermometern. Für die Untersuchung der Energieübergang werden mikrokristalline Partikeln in Wroclaw synthetisiert und die spektroskopischen Eigenschaften in Magdeburg analysiert. Die Quanteneffizienz wird an abgesonderten Partikeln durchgeführt, um die Prozesse der Absorption, des Energieübergangs und der Emission in einzelnen Partikeln eindeutig zu verstehen. Host-Übergangsmetall- und Lanthanoid-abhängige Parameter werden anhand von Kombinationen systematisch analysiert. Der Absorptionsquerschnitt, die Energieübertragungsrates, und die strahlenden und nicht-strahlenden Quenchingraten werden gemessen und mit theoretischen Modellen aus Wroclaw verglichen.

Diese Raten werden auch für eine Serie von Dotierstoffkonzentrationen (Übergangsmetall und Lanthanoid), Leistungsdichte der Anregung und Temperaturen gemessen, um der Einfluss der einzelnen Parameter auf den Sensibilisierungsprozess zu bestimmen. Das vorgeschlagene Projekt kombiniert die Expertise der Gruppe aus Wroclaw im Bereich Synthese, Strukturelle Charakterisierung und Theorie von Übergangsmetall- und Lanthanoid-dotierten Phosphoren mit der Expertise der Magdeburg-Gruppe im Bereich der spektroskopischen Untersuchung der

Lumineszenzeigenschaften abgesonderter Partikeln in temperaturgeregelten Strömungssystemen. Die Implementierung des Projektes wird zu einer ausführlichen Charakterisierung von Energieübergangprozessen zwischen Übergangsmetallen und Lanthanoiden führen, sowohl für das Grundlagenverständnis, als auch für die angewandte Entwicklung von Lumineszenz-Thermometern mit verbesserten Eigenschaften (besser passendes Anregungsfenster, höhere Emissionsintensität, höhere Temperaturempfindlichkeit).

---

**Projektleitung:** Sebastian Lang, Prof. Dr.-Ing. Sebastian Stober, Dr.-Ing. Tobias Reggelin, Jun.-Prof. Dr.-Ing. Ingo Siegert, Prof. Dr. Philipp Pohlenz, apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Gábor Janiga  
**Projektbearbeitung:** Johann Schmidt  
**Kooperationen:** Hochschule Anhalt; Hochschule Merseburg; Hochschule Harz; Hochschule Magdeburg Stendal  
**Förderer:** Bund - 01.12.2021 - 30.11.2025

### **AI Engineering - Ein interdisziplinärer, projektorientierter Studiengang mit Ausbildungsschwerpunkt auf Künstlicher Intelligenz und Ingenieurwissenschaften**

AI Engineering (AiEng) umfasst die systematische Konzeption, Entwicklung, Integration und den Betrieb von

auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierenden Lösungen nach Vorbild ingenieurwissenschaftlicher Methoden. Gleichzeitig schlägt AiEng eine Brücke zwischen der Grundlagenforschung zu KI-Methoden und den Ingenieurwissenschaften und macht dort den Einsatz von KI systematisch zugänglich und verfügbar. Das Projektvorhaben konzentriert sich auf die landesweite Entwicklung eines Bachelorstudiengangs «AI Engineering», welcher die Ausbildung von Methoden, Modellen und Technologien der KI mit denen der Ingenieurwissenschaften vereint. AiEng soll als Kooperationsstudiengang der Otto-von-Guericke-Universität (OVGU) Magdeburg mit den vier sachsen-anhaltischen Hochschulen HS Anhalt, HS Harz, HS Magdeburg-Stendal und HS Merseburg gestaltet werden. Der fächerübergreifende Studiengang wird Studierende befähigen, KI-Systeme und -Services im industriellen Umfeld und darüber hinaus zu entwickeln und den damit einhergehenden Engineering-Prozess - von der Problemanalyse bis zur Inbetriebnahme und Wartung / Instandhaltung - ganzheitlich zu begleiten. Das AiEng-Curriculum vermittelt eine umfassende KI-Ausbildung, ergänzt durch eine grundlegende Ingenieurausbildung und eine vertiefende Ausbildung in einer gewählten Anwendungsdomäne. Um eine Symbiose von KI- und ingenieurwissenschaftlicher Lehre zu erreichen, wird ein neuer handlungsorientierter Rahmen entwickelt und gelehrt, welcher den vollständigen Engineering-Prozess von KI-Lösungen beschreibt und alle Phasen methodisch unterstützt. AiEng zeichnet sich durch eine modulübergreifende Verzahnung von Lehr- und Lerninhalten innerhalb eines Semesters sowie durch ein fakultäts- und hochschulübergreifendes Tandem-Lehrkonzept aus und verfolgt ein studierendenzentriertes Didaktikkonzept, welches durch viele praxisorientierte (Team-)Projekte und ein großes Angebot an Open Educational Resources (OERs) mit (E)-Tutorenprogramm getragen wird.

---

**Projektleitung:** apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Gábor Janiga  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Franziska Gaidzik  
**Kooperationen:** OVGU/FVST/ISUT-LSS, Christoph Roloff; OVGU/FNW/IfP-BMMR, Daniel Stucht  
**Förderer:** EU - ESF Sachsen-Anhalt - 01.12.2017 - 30.04.2022

#### **MEMoRIAL-M1.8 | Augmented 4D flow**

The phase-contrast magnetic resonance imaging (PC-MRI) method can provide dynamic, three-dimensional flow information in vivo, for instance revealing the blood flow velocity in subject-specific geometries. Although being limited with respect to spatial and temporal resolution, this non-invasive measurement technique may, however, not least point to essential (domain) boundary conditions for computational high-quality simulations. The application of PC-MRI methods combined with detailed computational simulations will not just exploit measured flow information at domain boundaries but also those throughout the volume. Moreover, this 'hybrid approach' is supposed to open up new possibilities for enhancing the quality of flow information. Within the context of this sub-project, computational methods allowing for enhancement of measured data ranging below the temporal and spatial experimental resolution limits will be developed.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Philipp Berg  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2018 - 30.06.2021

#### **GEPARD - Gefäßwandsimulation und -visualisierung zur Patientenindividualisierten Blutflussvorhersage für die intrakranielle Aneurysmawachstum**

Intrakranielle Aneurysmen (IAs) können im Fall einer Ruptur zu schweren Behinderungen oder einem schnellen Tode führen. Folglich werden computergestützte Verfahren eingesetzt, um zum einen das individuelle Rupturrisiko vorherzusagen und zum anderen die patientenspezifische Therapieplanung des behandelnden Arztes zu unterstützen. Da zum aktuellen Zeitpunkt in der Regel jedoch ausschließlich das individuelle Lumen von IAs betrachtet wird, die Ruptur aber häufig maßgeblich von Entzündungsprozessen in der Gefäßwand abhängt, ist es notwendig, existierende simulations- und computergestützte Auswertungsansätze zu erweitern. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens erfolgt die schrittweise Integration von Gefäßwand- und Umgebungs-informationen, sodass klinisch relevante Rückschlüsse in Bezug auf dieses komplexe Krankheitsbild gelingen. Hierzu zählen 1) die Erweiterung des Strömungsgebiets um die patientenspezifische Gefäßwanddicke, 2) die Berücksichtigung einzelner Gefäßwandschichten bzw. sich in der Wand befindenden Strukturen (Plaques, etc.) und 3) die Integration der Gefäßwandumgebung, die das Aneurysmawachstum maßgeblich beeinflusst. Die Umsetzung der genannten Teilziele führt zur übergeordneten Zielstellung, behandelnde Ärzte bei ihrer

patientenindividuellen Therapieplanung zu unterstützen. Das resultierende System ermöglicht eine realistische und verlässliche Blutflussvorhersage mit speziell dafür entwickelten Visualisierungstechniken, welches dem medizinischen Benutzer die im Antrag beschriebenen, neuen, zusätzlichen Informationen zur Verfügung stellt und somit die Bewertung intrakranieller Aneurysmen entscheidend verbessert.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Stefan Hoerner  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Dennis Powalla, M.Sc. Emeel Kerikous  
**Kooperationen:** Dr.rer.nat. Falko Wagner, Institut für Gewässerökologie & Fischereibiologie, Jena  
**Förderer:** Industrie - 01.09.2021 - 31.12.2021

### **Numerische Untersuchung der Fischverträglichkeit einer Axialpumpe**

Die Schädigungspotentiale für Fische an in Schöpfwerken zum Hochwasserschutz eingesetzten axialen Pumpen werden mit Hilfe numerischer Simulationen untersucht. Dabei werden klassische Strömungssimulationen mit Fischersatzmodellen gekoppelt.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Stefan Hoerner, Prof. Dr.-Ing. Roberto Leidhold, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm, Dr. rer. nat. Falko Wagner, Dr.-Ing. Matthias Schneider, Dr.-Ing. Jeffrey Tuhtan  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Shokoofeh Abbaszadeh, M.Sc. Dennis Powalla  
**Kooperationen:** Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stamm, Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik; Dr.rer.nat. Falko Wagner, Institut für Gewässerökologie & Fischereibiologie, Jena; Dr.-Ing. Matthias Schneider, SJE Ecohydraulic Engineering GmbH, Stuttgart; Dr.-Ing. Jeffrey Tuhtan, Technischen Universität Tallin, Center for Biorobotics, Tallin  
**Förderer:** Bund - 01.03.2019 - 28.02.2022

### **Alternativmethoden zum Tierversuch: RETERO - Reduktion von Tierversuchen zum Verletzungsrisiko von Fischen bei Turbinenpassagen durch Einsatz von Roboterfischen, Strömungssimulationen und Vorhersagemodellen**

Bei der Bewertung von Wasserkraftanlagen (WKA) werden zuvor gefangene Wildfische den Kraftwerksturbinen zugeführt und nach erfolgtem Abstieg die Mortalität sowie Anzahl und Schwere der Verletzungen festgestellt. In Deutschland wurden in den vergangenen drei Jahren >460.000 Versuchstiere für die Untersuchung des Fischabstiegs an WKA genutzt.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Fischversuche zur Evaluierung der Schädigung von Fischen bei der Passage von Turbinen und anderen Abstiegskorridoren an Kraftwerken zu reduzieren und sie durch Modelle zur Schädigungsprognose mit Daten von teilautonomen Robotersystemen und numerische Simulationen zu ergänzen und langfristig komplett zu ersetzen.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Katharina Zähringer  
**Projektbearbeitung:** B.Sc. Christin Velten  
**Kooperationen:** OVGU Magdeburg, Arbeitsgruppe für Echtzeit-Computergraphik, J. Prof. Christian Lessig  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2020 - 30.06.2024

### **Experimental investigation of flow fields in the interstices of bulk particles with ray tracing based reconstruction**

The flow behaviour of the gas phase in a packed bed has important effects on mass and energy transport processes that are taking place in the bed. It is hence also a central parameter for process optimisation of such systems. Currently, however, only very limited data on the gas flow in packed beds exists, since the access to the particle interstices is very challenging with both probe-based and optical measurement methods. Furthermore, the existing results were typically obtained using refractive index matching, and are hence limited to liquids. For gaseous flows, mainly conclusions obtained using similarity theory are available, which limits the potential range of application.

In this project, we extend optical particle image velocimetry (PIV) of the velocity fields in the gas phase within packed beds by ray tracing reconstructions. For this, we use beds consisting of transparent bulk material so that the velocity field determination can be aided with a numerical simulation of light propagation through the bed. The simulation is performed with ray tracing, and the resulting information is used to correct the raw PIV particle images of the flow. This technique then allows for the direct measurement of velocity fields in the gas phase of transparent packed beds. For the development of the reconstruction method, the packed bed is modelled using transparent spherical packing material in regular arrangements. The high sensitivity of the method to a precise correspondence between the experimental set-up and the simulation, including, for example, the exact shape and refractive indices of the spheres, will be addressed systematically through the numerical optimisation of the parameters used in the simulation as well as new methods for PIV illumination, calibration and post-processing. The gas flow in the bed will be varied concerning Reynolds number, arrangement of the gas inlets to the bed, and packing material size and arrangement. High-speed PIV will give access not only to the mean velocities but also to fluctuations and turbulence quantities in the interstices. These are important for heat and mass transfer modelling. The project will also deliver a complete methodology, including a ray tracing software, that facilitates the adoption of the method by the scientific community.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Katharina Zähringer  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Péter Kováts  
**Kooperationen:** Rzehak, Roland, Institut für Fluid-Dynamik Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf  
Bautzner Landstrasse 400 01328 Dresden  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.09.2019 - 31.08.2022

### **Charakterisierung des Stoffübergangs von Sauerstoff in Blasensäulen: Entwicklung optisch-experimenteller und numerischer Euler-Euler Methoden**

Eine Berechnung von Blasenströmungen *auf der Skala ganzer Apparate* ist gegenwärtig nur mittels der Euler-Euler oder Euler-Lagrange Modellierung realisierbar. Zu rein hydrodynamischen Fragestellungen existieren bereits zahlreiche Untersuchungen, eine Betrachtung von Stoffübergang und Vermischung ist dagegen bislang nur in Ansätzen erfolgt, insbesondere bei *gleichzeitigem Vorliegen einer chemischen Reaktion*. Ähnlich gibt es auch zur experimentellen Charakterisierung solcher größer-skaliger Blasenströmungen mit Stoffübergang und chemischer Reaktion nur wenige methodische Ansätze, die mit genügender Genauigkeit und *zeitlicher sowie räumlicher Auflösung* Daten liefern können. Ziel des vorliegenden Projektes ist es, solche numerischen, wie auch experimentellen Werkzeuge weiterzuentwickeln, die es erlauben, die Euler-Euler Modellierung und die experimentelle Untersuchung des Stofftransports in Blasensäulen auf einen vergleichbaren Stand zu der der Strömungsdynamik zu bringen. Hierbei stehen insbesondere die Problematiken der *Vermischung in der Säule* und der daraus entstehenden *Wechselwirkung zwischen chemischer Reaktion und Hydrodynamik* im Mittelpunkt, welche für Reaktionen mit moderater Geschwindigkeit wichtig sind. Dazu werden *numerische und experimentelle Methoden entwickelt* und Simulations-Modelle durch den Vergleich mit Messdaten *validiert*.

Da sich bezüglich des Stofftransports in der Literatur kaum geeignete Daten für eine solche Modellvalidierung finden, werden neue Messungen mit innovativen optischen Messtechniken durchgeführt. Der Schwerpunkt dabei

liegt auf der simultanen Erfassung aller relevanten Größen, d.h. neben der Konzentration der Übergangskomponente auch der Geschwindigkeit der Blasen und der Flüssigkeit, sowie der Blasengrößen und -trajektorien mit hinreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung. Zu diesem Zweck werden hochauflösende optische Messmethoden eingesetzt: Laser-induzierte Fluoreszenz für die Konzentration der Übergangskomponente, Particle-Image-Velocimetry für das Flüssigkeitsfeld und Shadowgraphie für die Blasen. Die betrachtete Geometrie wird, ausgehend von einer Blaskette, im Laufe der Projektdauer über einen Blasenvorhang hin zum Blasenschwarm im Schwierigkeitsgrad gesteigert.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Katharina Zähringer  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Michael Mansour, M.Sc. Péter Kováts  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2018 - 31.12.2021

### **Optimale Reaktionsführung in flüssigen Mehrphasensystemen**

Das Kernziel des Teilprojekts B1 des SFB/TR63 in der dritten Förderperiode ist es, die in den ersten beiden Förderperioden entwickelte Reaktor-Entwurfsmethodik so zu verallgemeinern, dass sie für komplexe Reaktionsnetzwerke, mehrstufige Reaktionsfolgen, verschiedene Phasenkombinationen (Gas/flüssig, Flüssig/flüssig, Gas/flüssig/ flüssig) und unterschiedliche Phasensysteme (TMS, MLS) einsetzbar ist. Bei der optimalen Steuerung des Reaktionsfortschritts soll das spontane Auftreten zusätzlicher flüssiger Phasen in der Entwurfsmethodik berücksichtigt werden. Die Stoffmengenströme von auszuschleusen-den Produkten sollen als neue Steuervariablen herangezogen werden. Auf diese Weise soll der Entwurf von integrierten Reaktor-Separator-Systemen ermöglicht und die Verbindung mit der Synthese des Gesamtproduktionsprozesses in D1 hergestellt werden. Dort wird die erweiterte Entwurfsmethodik dazu genutzt, innovative Reaktorsysteme für die reduktive Aminierung von 1-Undecanal in TMS und MLS zu entwerfen. Weiterhin strebt das vorliegende Teilprojekt die Realisierung optimaler Reaktorsysteme in Form von innovativen Apparatemodulen an, welche mit experimentellen und numerischen Methoden detailliert charakterisiert werden. Dabei sollen Module mit unterschiedlichen Betriebsmodi (zyklischer Semibatch-Betrieb; stationärer Betrieb) und Mischungsverhalten (gerührte Reaktoren, Strömungsreaktoren) untersucht werden. Ausgewählte Reaktormodule werden gemeinsam mit D2 und D3 in die Miniplants integriert und dort unter Schließung aller wichtigen Stoffkreisläufe experimentell bewertet. Am Ende der 3. Förderperiode soll in B1 eine modellgestützte, validierte Entwurfsmethodik etabliert sein, mit der sich auf Basis thermodynamischer und kinetischer Informationen optimale Reaktor-Separator-Systeme für flüssige Mehrphasensysteme zuverlässig entwerfen lassen.

## 8. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Abdelsamie, Abouelmagd; Chi, Chi; Nanjaiah, Monika; Skenderović, Ivan; Suleiman, Samer; Thévenin, Dominique**

Direct numerical simulation of turbulent spray combustion in the SpraySyn burner - impact of injector geometry  
Flow, turbulence and combustion - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 106 (2021),  
S. 453-469;  
[Imp.fact.: 2.305]

**Abdelsamie, Abouelmagd; Lartigue, Ghislain; Frouzakis, Christos E.; Thévenin, Dominique**

The Taylor-Green vortex as a benchmark for high-fidelity combustion simulations using low-Mach solvers  
Computers & fluids - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 223 (2021);  
[Imp.fact.: 3.013]

**Altenbach, Holm; Janiga, Gábor; Beiner, Mario; Androsch, Rene; Runge, Paul-Maximilian**

Numerical simulation of the fused deposition modeling for the manufacturing of parts with both high geometric  
fidelity and mechanical quality  
Žurnal Sibirskogo Federal nogo Universiteta / Serija Matematika i fizika/ Sibirskij Federal nyj Universitet -  
Krasnojarsk, Bd. 14 (2021), 6, S. 712-725;

**Artús, Luis; Feneberg, Martin; Attacalite, Claudio; Edgar, James H.; Li, Jiahan; Goldhahn, Rüdiger;  
Cuscó, Ramon**

Ellipsometry study of hexagonal boron nitride using synchrotron radiation - transparency Window in the farUVC  
Advanced photonics research - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 2 (2021), 5;

**Berck, Andrea; Kurz, Marius**

A perspective on machine learning methods in turbulence modeling  
GAMM-Mitteilungen/ Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 44  
(2021), 1, insges. 27 S.;

**Berg, Philipp; Behrendt, Benjamin; Voß, Samuel; Beuing, Oliver; Neyazi, Belal; Sandalcioglu, I. Erol;  
Preim, Bernhard; Saalfeld, Sylvia**

VICTORIA - Vrtual neck Curve and True Ostium Reconstruction of Intracranial Aneurysms  
Cardiovascular engineering and technology - New York, NY: Springer, 2010, Bd. 12 (2021), 4, S. 454-465;  
[Imp.fact.: 2.495]

**Beyrau, Frank; Bood, Joakim; Hsu, Paul; Kiefer, Johannes; Seeger, Thomas; Stauffer, Hans**

Laser applications to chemical, security, and environmental analysis - introduction to the feature issue  
Applied optics - Washington, DC: Optical Soc. of America, Bd. 60 (2021), 15, S. LAC1-LAC3;  
[Imp.fact.: 1.98]

**Beyrau, Frank; Fond, Benoît; Abram, Christopher**

A summary of new developments in phosphor thermometry  
Measurement science and technology - Bristol: IOP Publ., Bd. 32 (2021), 12, insges. 5 S. ;  
[Imp.fact.: 2.046]

**Cai, Tao; Khodsiani, Mohammadhassan; Hallak, Bassem; Abram, Christopher; Beyrau, Frank; Specht,  
Eckehard**

Phosphor thermometry at the surface of single reacting large-diameter spherical coke particles to characterise  
combustion for packed bed furnaces  
Proceedings of the Combustion Institute/ Combustion Institute - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 38 (2021), 3,  
S. 4225-4232;  
[Imp.fact.: 3.757]

**Chi, Cheng; Abdelsamie, Abouelmagd; Thévenin, Dominique**

Transient ignition of premixed methane/air mixtures by a pre-chamber hot jet - a DNS study  
Flow, turbulence and combustion - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V. . - 2021, insges. 21 S.;  
[Imp.fact.: 2.305]

**Chia, Cheng; Janiga, Gábor; Thévenin, Dominique**

On-the-fly artificial neural network for chemical kinetics in direct numerical simulations of premixed combustion  
Combustion and flame - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 226 (2021), S. 467-477;  
[Imp.fact.: 4.57]

**Cleynen, Olivier; Engel, Sebastian; Hoerner, Stefan; Thévenin, Dominique**

Optimal design for the free-stream water wheel - a two-dimensional study  
Energy - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 214 (2020), article 118880, 2021;  
[Imp.fact.: 6.082]

**Gaidzik, Franziska; Pathiraja, Sahani; Saalfeld, Sylvia; Stucht, Daniel; Speck, Oliver; Thévenin, Dominique; Janiga, Gábor**

Hemodynamic data assimilation in a subject-specific circle of Willis geometry  
Clinical neuroradiology - München: Urban & Vogel, 2006, Bd. 31 (2021), 3, S. 643-651;  
[Imp.fact.: 3.649]

**Gaidzik, Franziska; Pravdivtseva, Mariya; Larsen, Naomi; Jansen, Olav; Hövener, Jan-Bernd; Berg, Philipp**

Luminal enhancement in intracranial aneurysms: fact or feature? - a quantitative multimodal flow analysis  
International journal of computer assisted radiology and surgery - Berlin: Springer, Bd. 16 (2021), 11, S. 1999-2008;  
[Imp.fact.: 2.924]

**Gänsch, Jonathan; Huskova, N.; Kerst, Kristin; Temmel, E.; Mangold, M.; Janiga, Gábor; Seidel-Morgenstern, Andreas**

Continuous enantioselective crystallization of chiral compounds in coupled fluidized beds  
The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Bd. 422 (2021);  
[Imp.fact.: 13.273]

**Hagemeier, Thomas; Thévenin, Dominique; Richter, Thomas**

Settling of spherical particles in the transitional regime  
International journal of multiphase flow - Oxford: Pergamon Press, Bd. 138 (2021);  
[Imp.fact.: 3.186]

**Hallak, Bassem; Specht, Eckehard**

Influence of particle size distribution on lime quality and energy consumption in PFR shaft kilns  
Cement international: processing, performance, application - Erkrath: Verl. Bau + Technik, Bd. 19 (2021), 3, S. 18-27

**Hoerner, Stefan; Abbaszadeh, Shokoofeh; Cleynen, Olivier; Bonamy, Cyrille; Maître, Thierry; Thévenin, Dominique**

Passive flow control mechanisms with bioinspired flexible blades in cross-flow tidal turbines  
Experiments in fluids - Berlin: Springer, Bd. 62 (2021), insges. 14 S.;  
[Imp.fact.: 2.48]

**Hoerner, Stefan; Kösters, Iring; Vignal, Laure; Cleynen, Olivier; Abbaszadeh, Shokoofeh; Maître, Thierry; Thévenin, Dominique**

Cross-flow tidal turbines with highly flexible blades - experimental flow field investigations at strong fluid-structure interactions  
Energies - Basel: MDPI, Volume 14(2021), issue 4, article 797, 17 Seiten; <http://dx.doi.org/10.3390/en14040797>  
10.25673/37301

**Hosseini, Seyed Ali; Berg, Philipp; Huang, Feng; Roloff, Christoph; Janiga, Gábor; Thévenin, Dominique**

Central moments multiple relaxation time LBM for hemodynamic simulations in intracranial aneurysms - an in-vitro validation study using PIV and PC-MRI

Computers in biology and medicine - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 131 (2021);  
[Imp.fact.: 4.589]

**Hosseini, Seyed Ali; Safari, Hesameddin; Thévenin, Dominique**

Lattice Boltzmann solver for multiphase flows - application to high Weber and Reynolds numbers

Entropy - Basel: MDPI, Bd. 23 (2021), 2; <http://dx.doi.org/10.3390/e23020166> 10.25673/37922  
[Imp.fact.: 2.524]

**Klink, Fabian; Boese, Axel; Voß, Samuel; Beyer, Christiane**

Design and implementation of a medical device test stand for micro-catheters and guide-wires

Current directions in biomedical engineering - Berlin: De Gruyter, 2015, Bd. 7 (2021), 2, S. 339-342;

**Köpplin, Jessica; Bednarz, Lena; Hagemeyer, Thomas; Thévenin, Dominique**

Fluorescence imaging methodology for oil-in-water concentration measurements

Chemical engineering & technology - Weinheim: Wiley-VCH Verl.-Ges., Bd. 44 (2021), 7, S. 1343-1349;  
[Imp.fact.: 1.728]

**Mansour, Michael; Kasetti, Saiteja; Thévenin, Dominique; Nigam, Krishna D. P.; Zähringer, Katharina**

Numerical study of the separation of two immiscible liquids in helical and straight pipes

Chemical engineering and processing - Amsterdam [u.a.]: Elsevier . - 2021;  
[Imp.fact.: 4.237]

**Martins, Fabio J. W. A.; Kirchmann, Jonas; Kronenburg, Andreas; Beyrau, Frank**

Quantification and mitigation of PIV bias errors caused by intermittent particle seeding and particle lag by means of large eddy simulations

Measurement science and technology - Bristol: IOP Publ., Bd. 32 (2021), 10, insges. 19 S.;  
[Imp.fact.: 2.046]

**Martins, Fabio J. W. A.; Kronenburg, Andreas; Beyrau, Frank**

Single-shot two-dimensional multi-angle light scattering (2D-MALS) technique for nanoparticle aggregate sizing

Applied physics / B - Berlin: Springer, Bd. 127 (2021), insges. 15 S.;  
[Imp.fact.: 2.07]

**Maziarka, Przemyslaw; Arauzo Gimeno, Pablo José**

Do you BET on routine? - The reliability of N<sub>2</sub> physisorption for the quantitative assessment of biochars surface area

The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Bd. 418 (2021), 1 Online-Ressource, Diagramme;  
[Imp.fact.: 10.652]

**Medeiros de Souza, Luís; Temmel, Erik; Janiga, Gábor; Seidel-Morgenstern, Andreas; Thévenin, Dominique**

Simulation of a batch crystallizer using a multi-scale approach in time and space

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 232 (2021), article 116344;  
[Imp.fact.: 3.871]

**Meuschke, Monique; Voß, Samuel; Gaidzik, Franziska; Preim, Bernhard; Lawonn, Kai**

Skyscraper visualization of multiple time-dependent scalar fields on surfaces

Computers & graphics - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 99 (2021), S. 22-42;  
[Imp.fact.: 1.936]

**Mohamed, Mohamed H.; Alqurashi, Faris; Thévenin, Dominique**

Performance enhancement of a Savonius turbine under effect of frontal guiding plates

Energy reports - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 7 (2021), S. 6069-6076;  
[Imp.fact.: 6.87]

**Míguez, José Luis; Porteiro, Jacobo; Behrendt, Frank; Blanco, Diana; Patiño, David; Dieguez-Alonsod, Alba**

Review of the use of additives to mitigate operational problems associated with the combustion of biomass with high content in ash-forming species

Renewable & sustainable energy reviews - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 141 (2021);  
[Imp.fact.: 12.11]

**Müller, Conrad; Kováts, Péter; Zähringer, Katharina**

Experimental characterization of mixing and flow field in the liquid plugs of gas-liquid flow in a helically coiled reactor

Experiments in fluids - Berlin: Springer, Bd. 62 (2021), insges. 27 S.;  
[Imp.fact.: 2.48]

**Niemann, Annika; Voß, Samuel; Tulamo, Riikka; Weigand, Simon; Preim, Bernhard; Berg, Philipp; Saalfeld, Sylvia**

Complex wall modeling for hemodynamic simulations of intracranial aneurysms based on histologic images

International journal of computer assisted radiology and surgery - Berlin: Springer, Bd. 16 (2021), 4, S. 597-607;  
[Imp.fact.: 2.924]

**Powalla, Dennis; Hoerner, Stefan; Cleynen, Olivier; Müller, Nadine; Stamm, Jürgen; Thévenin, Dominique**

A computational fluid dynamics model for a water vortex power plant as platform for etho- and ecohydraulic research

Energies - Basel: MDPI, Volume 14(2021), issue 3, article 639, 14 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.702]

**Pravdivtseva, Mariya S.; Gaidzik, Franziska; Berg, Philipp; Hoffman, Carson; Rivera-Rivera, Leonardo A.; Medero, Rafael; Bodart, Lindsay; Roldan-Alzate, Alejandro; Speidel, Michael A.; Johnson, Kevin M.; Wieben, Oliver; Jansen, Olav; Hövener, Jan-Bernd; Larsen, Naomi**

Pseudo-enhancement in intracranial aneurysms on black-blood MRI - effects of flow rate, spatial resolution, and additional flow suppression

Journal of magnetic resonance imaging - New York, NY: Wiley-Liss, Bd. 54 (2021), 3, S. 888-901;  
[Imp.fact.: 4.813]

**Pravdivtseva, Mariya S.; Peschke, Eva; Lindner, Thomas; Wodarg, Fritz; Hensler, Johannes; Gabbert, Dominik; Voges, Inga; Berg, Philipp; Barker, Alex J.; Jansen, Olav; Hövener, Jan-Bernd**

3Dprinted, patientspecific intracranial aneurysm models: From clinical data to flow experiments with endovascular devices

Medical physics - Hoboken, NJ: Wiley, Bd. 48 (2021), 4, S. 1469-1484;  
[Imp.fact.: 4.071]

**Schulz, Florian; Duill, Finn Felix; Hajhariri, Aliasghar; Beyrau, Frank**

The behavior of fuel droplets on a heated substrate

SAE technical papers/ Society of Automotive Engineers - Warrendale, Pa.: Soc., 2021, Technical Paper 2021-01-5099;

**Schulz, Florian; Reincke, Franziska; Mrochen, Matthias; Beyrau, Frank**

A measuring system for monitoring multi-nozzle spraying tools

Measurement science and technology - Bristol: IOP Publ., Bd. 32 (2021), 5, insges. 12 S.;  
[Imp.fact.: 2.046]

**Seidenbecher, Jakob; Herz, Fabian; Meitzner, Claudia; Specht, Eckehard; Wirtz, Siegmund; Scherer, Viktor; Liu, Xiaoyan**

Experimental analysis of the flight design effect on the temperature distribution in rotary kilns

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 240 (2021), 4;  
[Imp.fact.: 4.311]

**Seidenbecher, Jakob; Herz, Fabian; Meitzner, Claudia; Specht, Eckehardt; Wirtz, S.; Scherer, V.; Liu, X.**

Temperature analysis in flighted rotary drums and the influence of operating parameters  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 229 (2021);  
[Imp.fact.: 4.311]

**Sprengel, Ulrike; Saalfeld, Patrick; Stahl, Janneck; Mittenentzwei, Sarah; Drittel, Moritz; Behrendt, Benjamin; Kaneko, Naoki; Behme, Daniel; Berg, Philipp; Preim, Bernhard; Saalfeld, Sylvia**

Virtual embolization for treatment support of intracranial AVMs using an interactive desktop and VR application  
International journal of computer assisted radiology and surgery - Berlin: Springer, 2006, Bd. 16 (2021), 12, S. 2119-2127;  
[Imp.fact.: 2.924]

**Straußwald, Michael; Abram, Christopher; Sander, Tobias; Beyrau, Frank; Pfitzner, Michael**

Time-resolved temperature and velocity field measurements in gas turbine film cooling flows with mainstream turbulence  
Experiments in fluids - Berlin: Springer, Bd. 62 (2021), insges. 17 S.;  
[Imp.fact.: 2.48]

**Swiatek, Vanessa M.; Neyazi, Belal; Roa, Jorge A.; Zanaty, Mario; Samaniego, Edgar A.; Ishii, Daizo; Lu, Yongjun; Sandalcioglu, I. Erol; Saalfeld, Sylvia; Berg, Philipp; Hasan, David M.**

Aneurysm wall enhancement is associated with decreased intrasaccular IL-10 and morphological features of instability  
Neurosurgery - Oxford: Oxford University Press, Bd. 89 (2021), 4, S. 664-671;  
[Imp.fact.: 4.654]

**Velvaluri, Prasanth; Pravdivtseva, Mariya S.; Berg, Philipp; Wodarg, Fritz; Miranda, Rodrigo Lima; Hövener, Jan-Bernd; Jansen, Olav; Quandt, Eckhard**

Thin-film patient-specific flow diverter stents for the treatment of intracranial aneurysms  
Advanced materials technologies - Weinheim: Wiley, Bd. 6 (2021), 9, insges. 13 S.;

**Zhang, Zehua; Abdelsamie, Abouelmagd; Chi, Cheng; Thévenin, Dominique; Luo, Kai H.**

Combustion mode and mixing characteristics of a reacting jet in crossflow  
Energy & fuels - Columbus, Ohio: American Chemical Society, Bd. 35 (2021), 16, S. 13325-13337;  
[Imp.fact.: 3.605]

## NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Alex, Denny Mathew; Redemann, Tino; Specht, Eckehard**

Process modeling of a sanitary ware tunnel kiln  
American Ceramic Society bulletin: the magazine for technology, engineering, manufacturing/ American Ceramic Society - Westerville, Ohio: American Ceramic Society - the magazine for technology, engineering, manufacturing, Bd. 100 (2021), 2, S. 34-39

**Duill, Finn Felix; Schulz, Florian; Jain, Aman Kumar; Krieger, L.; Wachem, Berend; Beyrau, Frank**

The impact of large mobile air purifiers on aerosol concentration in classrooms and the reduction of airborne transmission of SARS-CoV-2  
medRxiv - Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory . - 2021, insges. 42 S.;

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRäge

**Behrendt, Benjamin; Engelke, Wito; Berg, Philipp; Beuing, Oliver; Hotz, Ingrid; Preim, Bernhard; Saalfeld, Sylvia**

Visual exploration of intracranial aneurysm blood flow adapted to the clinical researcher  
EuroVis 2021 - 23rd Eurographics Conference on Visualization 2021 : Zurich, Switzerland (virtual conference), June 14 - 18, 2021 : Dirk Bartz Prize 2021 - Eurographics Association, 2021; Oeltze-Jafra, Steffen - 23rd Eurographics Conference on Visualization 2021 : Zurich, Switzerland (virtual conference), June 14 - 18, 2021 : Dirk Bartz Prize 2021 . - 2021, S. 13-17;

**Hampel, Uwe; Kipping, Ragna; Zähringer, Katharina; Kováts, Péter; Sommerfeld, Martin; Taborda, Manuel A.; Rzehak, Roland; Hlawitschka, Mark; Klüfers, Peter; Oßberger, Martin**

Chemical reactions in bubbly flows

Reactive Bubbly Flows - Cham: Springer International Publishing; Schlüter, Michael . - 2021, S. 583-619 - (Fluid Mechanics and Its Applications; 128);

**Müller, Juliane; Cypko, Mario A.; Oeser, Alexander; Stöhr, Matthäus; Zebralla, Veit; Schreiber, Stefanie; Wiegand, Susanne; Dietz, Andreas; Oeltze-Jafra, Steffen**

Visual assistance in clinical decision support

EuroVis 2021 - 23rd Eurographics Conference on Visualization 2021 : Zurich, Switzerland (virtual conference), June 14 18, 2021 : Dirk Bartz Prize 2021: 23rd Eurographics Conference on Visualization 2021 : Zurich, Switzerland (virtual conference), June 14 18, 2021 : Dirk Bartz Prize 2021 - Eurographics Association, 2021; Oeltze-Jafra, Steffen - 23rd Eurographics Conference on Visualization 2021 : Zurich, Switzerland (virtual conference), June 14 – 18, 2021 : Dirk Bartz Prize 2021 . - 2021, S. 7-11;

**Niemann, Annika; Schneider, Lisa; Preim, Bernhard; Voß, Samuel; Berg, Philipp; Saalfeld, Sylvia**

Towards deep learning-based wall shear stress prediction for intracranial aneurysms

Bildverarbeitung für die Medizin 2021, Palm, Christoph \*1971-\* - Wiesbaden: Springer Vieweg . - 2021, S. 105-110;

**Sprengel, Ulrike; Saalfeld, Patrick; Mittenentzwei, Sarah; Drittel, Moritz; Neyazi, Belal; Berg, Philipp; Preim, Bernhard; Saalfeld, Sylvia**

Interactive visualization of cerebral blood flow for arteriovenous malformation embolisation

Bildverarbeitung für die Medizin 2021, Palm, Christoph \*1971-\* - Wiesbaden: Springer Vieweg . - 2021, S. 36-41;

**Zähringer, Katharina; Kováts, Péter**

Experimental characterization of gasliquid mass transfer in a reaction bubble column using a neutralization reaction

Reactive Bubbly Flows - Cham: Springer International Publishing; Schlüter, Michael . - 2021, S. 309-328 - (Fluid Mechanics and Its Applications; 128);

## NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**HajHariri, Aliasghar; Schulz, Florian; Duill, Finn; Beyrau, Frank**

Analysis of sub-processes of spreading and receding of sessile droplets on a hot substrate

ICLASS 2021, 14th Triennial International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Chicago, IL, USA, July 22-26, 2018 - Edinburgh: ICLASS . - 2021, insges. 8 S.;

**Schulz, Florian; Reincke, Franziska; Beyrau, Frank; Mrochen, Matthias**

Analysis of a method for monitoring multi-nozzle-arrays

ICLASS 2021, 14th Triennial International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Chicago, IL, USA, July 22-26, 2018 - Edinburgh: ICLASS . - 2021, insges. 7 S.;

## ABSTRACTS

**Behme, Daniel; Reinitz, Ira; Beuing, Oliver; Thormann, Maximilian; Neyazi, Belal; Sandalcioglu, I. Erol; Mpotsaris, Anastasios; Preim, Bernhard; Berg, Philipp; Saalfeld, Sylvia**

Strukturiertes Reporting geometrischer und hämodynamischer Aneurysmaeigenschaften zur Stratifikation des Rupturrisikos

Clinical neuroradiology - München: Urban & Vogel, 2006, Bd. 31 (2021), Suppl. 1, S. S18-S19;

[Imp.fact.: 3.649]

**Behme, Daniel; Sprengel, Ulrike; Stahl, Jonathan; Saalfeld, Patrick; Behrendt, Benjamin; Thormann, Maximilian; Mpotsaris, Anastasios; Preim, Bernhard; Berg, Philipp; Saalfeld, Sylvia**

Virtuelle AVM Embolisation - ein Tool zur Verbesserung der Behandlungsplanung

Clinical neuroradiology - München: Urban & Vogel, 2006, Bd. 31 (2021), Suppl. 1, S. S25;

[Imp.fact.: 3.649]

**Behme, Daniel; Voß, Samuel; Korte, Jana; Thormann, Maximilian; Mpotsaris, Anastasios; Saalfeld, Sylvia; Janiga, Gábor; Berg, Philipp**

Identifikation stabiler und instabiler intrakranieller Aneurysmen mittels bildbasierter Blutflusssimulation  
Clinical neuroradiology - München: Urban & Vogel, 2006, Bd. 31 (2021), Suppl. 1, S. S55-S56;  
[Imp.fact.: 3.649]

**Klink, Fabian; Boese, Axel; Voß, Samuel; Beyer, Christiane**

Design and implementation of a medical device test stand for micro-catheters  
Biomedical engineering - Berlin [u.a.]: de Gruyter, 1998, Bd. 66 (2021), s1, S. S91;  
[Imp.fact.: 1.411]

## HABILITATIONEN

**Berg, Philipp; Janiga, Gábor [AkademischeR BetreuerIn]**

Multimodale Modellierung intravaskulärer Hämodynamik am Beispiel zerebraler Aneurysmen  
Magdeburg, 2021, xiii, 177 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

## DISSERTATIONEN

**Ahmed, Saad; Rottengruber, Hermann [AkademischeR BetreuerIn]; Thévenin, Dominique [AkademischeR BetreuerIn]**

Modular methodology for transient vehicle thermal management simulations  
Magdeburg, 2021, XIII, 144 Blätter, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Chi, Cheng; Thévenin, Dominique [AkademischeR BetreuerIn]**

Direct numerical simulations of gaseous combustion in complex geometry  
Magdeburg, 2021, xix, 220 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Erenberg, Marina; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Analyse des Brandverhaltens von Stoßdämpfern für Behälter zum Transport radioaktiver Stoffe  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XIV, 131 Seiten, 182,12 MB), Illustrationen;

**Rappsilber, Tim; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]**

Untersuchungen zur Bestimmung der Löschwirkung und -effizienz von Druckluftschäum  
Magdeburg, 2021, XXI, 122 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Seidenbecher, Jakob; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Analyse der transversalen Partikelbewegung und des Wärmeübergangs in Drehrohren mit Hubschaufeln  
Magdeburg, 2021, XVII, 202 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm

# INSTITUT FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. 49 (0)391 67 58783, Fax 49 (0)391 67 42762  
berend.vanwachem@ovgu.de

## 1. LEITUNG

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 (geschäftsführender Leiter)

## 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. Bioprosesstechnik (Prof. Dr.-Ing. U. Reichl)

- Fermentationstechnik
- Säugerzellen, Hefen, Bakterien
- Aufarbeitungstechnik
- Modellierung, Simulation und Optimierung von Bioprosessen

- 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 - 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-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. 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 flüssigen 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/ methyloleate), 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) - 01.01.2018 - 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 auszulagen. 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 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 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:** MSc. Subash Reddy Kolan, Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2021 - 30.09.2024

### **Hetero-aggregation of fluidized nanoparticles and solid-containing aerosol droplets**

The project aims at mixing in fluidized bed very small particles (nanoparticles or submicron particles) of different composition to hetero-agglomerates, which may additionally be encapsulated or coated with the help of aerosol droplets that contain embedding solid material. In this way, binary or ternary particulate composites of extremely finely dispersed constituents will be produced, aiming at new and superior properties. Instead of conventional fluidization, special spouted bed equipment with adjustable air inlet will be used for processing. High-velocity air inlet jets, which may be assisted by an immersed impactor and admixed large breaker particles, help to shift the highly dynamic equilibrium between aggregation and breakage towards smaller and stronger agglomerates in this kind of equipment. Submicron aerosol will be generated by a novel technique which is simple, robust and easily scalable. Regarding the characterization of agglomerates, new methods to reconstruct 3D agglomerate structure from 2D imaging data will be developed. In this frame, the level of sub-agglomerate mixing will be identified and pushed towards individual nanoparticles by use of non-flame, i.e. not sintered, raw material. Finally, the project will set ground for hierarchical discrete models that can describe process kinetics and agglomerate formation even with very large number of primary particles. In SPP 2289, methodic cooperation and technical complementarity is seen with, especially, projects on crossing flames, high shear mixing, assisted fluidization, and imaging.

---

**Projektleitung:** MSc. Akbas Serap, Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2021 - 30.09.2024

### **Ultrathin coating of fluidized particles by means of aerosol**

Coated particles for various applications are usually produced by spraying solid-containing liquid on mechanically agitated or fluidized cores. Every spray droplet which is deposited on the surface of a core particle leaves behind a solid remnant after evaporation of the solvent or suspension liquid (preferably water). Each such deposit is a building block (BB) of the coating layer. However, spray droplets are quite large (typically 40  $\mu\text{m}$  with two-fluid nozzles) in present technology, so that BBs are also large, resulting in coarse and thick coating. Radically thinner and finer resolved coating layers (down to the nanoscale) could be produced on fluidized particles by using aerosol (with droplet diameters around 1  $\mu\text{m}$  or less) instead of common spray. Feasibility of the respective aerosol fluidized bed (AFB) coating process has recently been shown by a proof-of-principle experiment. On this basis, the present project aims at a thorough scientific investigation of the novel AFB process. This includes batch coating experiments with variation of operating parameters, materials, as well as aerosol generation and entrance conditions. The quality of coated particles is characterized thoroughly by scanning electron microscopy and various image analysis techniques in regard of intra-particle coating thickness distribution, inter-particle coating thickness distribution, average porosity, porosity distribution, and pore size distribution. Supported by such unique data, a stochastic (Monte Carlo) model is developed and parameterized to accurately simulate the buildup of coating layers on single particles and in the population of particles; Moreover, in the surface coverage period (possibly with island growth) and later on (in the coating layer growth period). Finally, measurements are conducted and a model is developed to predict solids yield of the process, which is equivalent to the efficiency of the fluidized bed in filtering aerosol droplets out of the gas flow.

---

**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  $\mu$ -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. 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 - 31.12.2022

### **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 - Anhaltinische 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-Görlitz  
**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 Exzellenzcluster WIGRATEC (Glatt Ingenieurtechnik); niederländische Projektpartner (Bodec, Nestlé NL)  
**Förderer:** Bund - 01.04.2019 - 31.07.2022

### **Advanced processing of mixed-ingredient food particles (ADMIX)**

Aus mehreren Ingredienzen 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 - 31.07.2022

### **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. 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 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  
**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  $\mu$ -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. 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. 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. 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 - 28.02.2022

### **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. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.12.2021 - 30.11.2024

### **Verbesserung der Simulation von großen, mit dichten Partikeln beladenen Strömungen durch maschinelles Lernen: ein genetischer Programmieransatz**

Mit Partikeln beladene Strömungen treten in vielen natürlichen und industriellen Prozessen auf, wie zum Beispiel dem Fluss roter und weißer Blutkörperchen im Plasma, oder in der Fluidisierung von Biomasse in Wirbelschichten. In den letzten 40 Jahren haben Wissenschaftler Euler-Lagrange (EL) Simulationen verwendet, um das Verhalten solcher Strömungen vorherzusagen.

Die EL-Simulationen stützen sich jedoch auf Modelle, um die Wechselwirkung zwischen der Fluidströmung und den individuell verfolgten Partikeln zu beschreiben. Diese Modelle erfordern die sogenannte "ungestörte" Fluidgeschwindigkeit am Ort des Partikels, was der Geschwindigkeit des Fluids entspricht, wenn der Partikel nicht dort wäre. Aktuelle Modelle hierfür sind sehr rudimentär und die genaue Berechnung der ungestörten Flüssigkeitsgeschwindigkeit ist extrem teuer, da viele zusätzliche, hochaufgelöste Simulationen desselben Falls erforderlich sind, bei denen jeweils ein Partikel weggelassen wird.

Ziel des Projekts ist es, ein neues Modell für die ungestörte Strömungsgeschwindigkeit bei jedem Partikel zu entwickeln. Dieses Modell basiert auf den Eigenschaften der Strömung um den Partikel und den Eigenschaften der umgebenden Partikel. Zur Entwicklung des Modells wird ein Verfahren aus dem Bereich des überwachten maschinellen Lernens verwendet: Genetische Programmierung (GP). GP eignet sich insbesondere für dieses Projekt, weil es sich nicht um ein "Black-Box" Modell handelt, sondern eine überprüfbare Gleichung für die ungestörte Strömungsgeschwindigkeit darstellen kann. Diese Gleichung wird durch analytische Lösungen und hochaufgelöste Simulationen validiert und ermöglicht genaue Simulationen in großem Maßstab, während nur ein Bruchteil der Kosten für vollständig aufgelöste Simulationen erforderlich ist.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2021 - 30.09.2024

### **Modellentwicklung zur Untersuchung dichter partikelbeladener Strömungen auf der Mesoskala**

Dichte partikelbeladene Strömungen können in vielen natürlichen und industriellen Prozessen, wie der Strömung roter Blutkörperchen im Plasma oder der Fluidisierung von Kohl- oder Biomasspartikel in Wirbelschichten, vorkommen, um nur einige zu nennen. Diese Strömungen werden von einem komplizierten Gleichgewicht zwischen der Strömung-Wand, Strömung-Partikel, Partikel-Wand, und Partikel-Partikel Wechselwirkungen geprägt. Die Vorhersage solcher Strömungen mit vollständig aufgelösten oder direkten numerischen Simulationen ist normalerweise viel zu rechenintensiv. Mesoskalige Ansätze, wie Euler-Lagrange Partikel Tracking ermöglichen es, das Verhalten von viel größeren partikelbeladenen Strömungssystemen als vollständig aufgelösten Ansätze.

Sie verwenden jedoch reduzierte Modelle, anstatt die Strömung um einzelne Partikel aufzulösen, die derzeit mit sehr strengen Einschränkungen verbunden sind.

Dies ist ein Projekt zur Entwicklung neuartigen volumengefilterten Euler-Lagrange Ansatzes für die Vorhersage des Verhaltens dichter partikelbeladener Strömungen auf der Mesoskala. Dieser Ansatz wird die derzeit bestehende Lücke zwischen vollständig aufgelösten Simulationen und klassischem Euler-Lagrange Partikel Tracking schließen. Hierzu werden Modelle entwickelt, um die Kopplung der Partikel mit der Strömung genau zu berücksichtigen. Dies wird erreicht, indem in das Modell den lokalen Effekt jedes Partikels innerhalb der Strömung ermittelt und berücksichtigt wird, wobei auch die Wände berücksichtigt werden. Der neu vorgeschlagene Euler-Lagrange Ansatz wird viel genauere Ergebnisse liefern als aktuelle Euler-Lagrange Partikel Tracking Verfahren, wobei nur ein Bruchteil der Berechnungskosten für vollständig aufgelöste Simulationen benötigt wird.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Sonstige - 01.05.2021 - 30.09.2022

### **Einsatz von Raumluftreiniger an Schulen**

In diesem Projekt werden wir grundlegende Untersuchungen zur Entstehung und Ausbreitung von Aerosolen in Innenräumen durchführen, wobei die Raumgeometrie, die Quellstärke der Aerosole, die Wirkung der Belüftung und die Wirkung eines Raumluftfilters berücksichtigt werden. Wir werden eine Reihe offener Fragen beantworten, die die wirksame Entfernung von Aerosolen, die von Menschen in Innenräumen verursacht werden, ermöglichen soll. Die offenen Forschungsfragen in diesem Kontext sind:

- Was sind die Menge an Aerosolen, die von Menschen beim Atmen, Sprechen, Husten und Singen produziert werden?
- Wie ist die Größenverteilung der produzierten Aerosole?
- Was ist die Ausbreitungsrate der Aerosole in einem geschlossenen Raum?
- Was ist die beste Strategie für die Ventilation von geschlossenen Räumen, um das langfristige Vorhandensein dieser Aerosole in den Innenräumen zu verhindern?
- Wie effektiv sind Raumluftfilter mit HEPA Filter oder mit UV Licht?

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.05.2021 - 30.04.2024

### **Aerosolenstehung in der Lunge und Einkapselung von Viren**

Mikroskopische Aerosole wurden als die Hauptinfektionswege für SARS-CoV-2 identifiziert. Diese Tröpfchen werden tief in der Lunge aus Auskleidungsflüssigkeiten erzeugt. Während der Atmung bilden sich dünne Filme und reißen auf, wodurch feine Tröpfchen freigesetzt werden, die die Viruslast einkapseln. Im Gegensatz zu größeren Tröpfchen, die sich in den oberen Atemwegen bilden, bleiben mikroskopisch kleine Tröpfchen, die hier untersucht

wurden, viel länger in der Luft schwebend und stellen somit ein höheres Risiko für luftübertragene Infektionen dar. Hier wird sich ein interdisziplinäres Forschungsteam mit der Wissenschaft der Aerosolerzeugung und Viruseinkapselung befassen, das medizinisches, biologisches und strömungsmechanisches Fachwissen verbindet. Wir werden den Schwerpunkt auf realistische Flüssigkeiten zusammen mit Viruspartikeln legen und uns auf die schnellen und empfindlichen Strömungen konzentrieren, die zu Filmbrüchen, Tröpfchenbildung, Verkapselung und Stabilisierung führen. Der Schwerpunkt liegt auf Experimenten mit hoher räumlich-zeitlicher Auflösung, Simulationen des Zerstäubungs- und Tropfenbildungsprozesses von dünnen Filmen und der biologischen Virulenz der dabei erzeugten Aerosolpartikel. Während die Forschung durch die Virulenz von SARS-CoV-2 motiviert wurde, werden auch andere Virenarten getestet, um die grundlegenden Mechanismen zu entschlüsseln, die zu einer Übertragung von Krankheitserregern aus der Lunge über die Luft erlauben.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** EU - HORIZONT 2020 - 01.10.2021 - 30.09.2024

### **Horizont 2020, Marie S. Curie Individual Fellowships**

Das Ziel dieses Projekts ist es, einen neuartigen Rahmen für die rechnerisch effiziente und genaue Simulation von Zweiphasenströmen bereitzustellen, indem die Reihenfolge der Darstellung der Schnittstelle in dem geometrischen VOF-Verfahren von linear bis quadratisch erhöht wird. Dies ermöglicht einen genauen Transport von dritter Ordnung, und eine genaue Schätzung der an der Grenzfläche wirkenden Oberflächenspannungskraft, wodurch Fehler auf eine Weise reduziert wird, die bisher nicht erreicht wurde. Darüber hinaus werden diese Schemata entwickelt, so dass sie auf komplexe Domänen angewendet werden können, was ebenfalls eine Begrenzung vorhandener Verfahren ist, die typischerweise nur in der Lage sind, zweiphasige Flüsse in rechteckigen Strömungsdomänen genau zu simulieren. Das Ergebnis der vorgeschlagenen Forschung ist zweifach. Erstens erhöht die Reihenfolge der Genauigkeit der vorherrschenden zweiphasigen Durchflussmodelliermethode - das VOF-Verfahren - ergibt genauere Simulationsergebnisse. Zweitens erlaubt die vorgeschlagene Arbeit auch die Berücksichtigung komplexer, realistischer Flussdomänen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner  
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2021 - 28.02.2022

### **Präzisionsreinigung mit Mikrojets**

In diesem Forschungsprojekt wird die Entfernung unpolarer tröpfchenartiger Verunreinigungen durch einen schnellen und transienten Wasserstrahl untersucht. Dazu werden Experimente und Strömungssimulationen von laserinduzierten Kavitationsblasen auf einer mikroskopischen Raumskala und einer Submikrosekunden-Zeitskala zur quantitativen Analyse durchgeführt. Die durch den asymmetrischen Blasenkollaps gebildeten Mikrojets erreichen Geschwindigkeiten von bis zu 100 m/s und erzeugen Wandschubspannungen von über 105 Pa. Anhand dieser Mikrojets gehen wir der Frage nach, welche Stärke und Einwirkungszeit der erzeugten Wandschubspannungen entstehen durch den Strahl ist notwendig, um hochviskose, unpolare Verschmutzungen und Rückstände zu entfernen. Die angestrebten Experimente und Simulationen ermöglichen es, die Mechanismen der Reinigung mit bisher nicht erreichter mikroskopischer Präzision zu verstehen und den Weg für neue Techniken der kavitationsgestützten Präzisionsreinigung zu ebnet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2020 - 30.06.2024

### **Bulk-Reaction - Teilprojekt C5**

Aus Rechenzeitgründen wird derzeit in großskaligen DEM-CFD Simulationen die Gasphasenströmung nur stark vereinfacht abgebildet. Die exakte Geometrie einzelner Partikel wird auf der Gasseite nicht abgebildet, sondern lediglich pauschal durch eine lokal verteilte, isotrope Porosität berücksichtigt. Gerade für chemisch reagierende Schüttungen ist dies ein unbefriedigender Ansatz, da das Gasphasenströmungsfeld über die örtliche Verteilung des Oxidators (beeinflusst Gasphasen- und Partikelreaktion) und die lokale Mischungsrate ganz wesentlich den Reaktionsfortschritt bestimmt. Deshalb sollen im Projekt C5 neue Modelle für eine genauere Impulskopplung in CFD-DEM, unter Berücksichtigung der heterogenen und anisotropen Natur der Partikelkonfigurationen, hergeleitet, entwickelt und validiert werden. Dabei werden die Details der Umströmung einzelner Partikel (Impuls, Diffusion, Konvektion) auf größeren Raum- und Zeitskalen projiziert (coarse graining). Die grundlegende Idee des Teilprojektes ist hierbei, dass im Rahmen von numerischen Simulationen, sowohl mikrostrukturelle Größen, z.B. Partikeldurchmesser, Volumenanteile und Partikelgeometrien als auch deren Verteilung berücksichtigt werden können. Zentrale wissenschaftliche Fragestellungen des Projektes sind Ziele des Teilprojekts sind:

- Wie kann der lokale Volumenanteil in den Impulsgleichungen der Fluid- und Widerstandskraft formuliert werden, so dass die lokale anisotrope und heterogene Struktur der Partikelkonfiguration berücksichtigt wird?
- Wie kann die derzeitige stark vereinfachte Widerstandskraftformulierung zwischen der Gas- und der Partikelphase mit einer Widerstandskraftformulierung ersetzt werden, welche die lokalen Strukturen der Partikelkonfiguration und das komplexe Strömungsverhalten berücksichtigt und gleichzeitig der starken Inhomogenität der Kräfteverteilung in Partikelkonfigurationen Rechnung trägt?
- Wie kann Diffusion in den stark inhomogen verteilten und komplexe geformten Hohlräumen zwischen den Partikeln beschrieben werden?

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2020 - 30.06.2024

### **Bulk Reaction - Teilprojekt C2**

Die Brennstoffzufuhr zur Erwärmung der Schüttung und zur thermischen Behandlung der Partikel hat zentrale Bedeutung für die Auslegung und Optimierung von Prozessen. Je nach Prozess wird über verschiedene Längensysteme seitlich Brennstoff und Luft, seitlich vorgewärmte Verbrennungsluft oder axial Brennstoff mit Luft eingeblasen. Die Brennstoffstrahlen vermischen sich dabei auch mit der axialen Gasströmung. Daher ist die langfristige wissenschaftliche Fragestellung, wie sich ein eingeblasener Brennstoffstrahl im Querschnitt als Funktion der Prozessparameter und der Schüttungsmorphologie verteilt und wie letztendlich die Ausbildung der Flammen ist. In der Flamme erwärmt sich die Schüttung am stärksten, so dass die Ausbreitung des Wärmestroms in radialer und peripherer Richtung durch Strahlung, Leitung und Kontakt ermittelt werden muss. In der ersten Förderperiode konzentrieren sich die Untersuchungen zunächst auf die Vermischung konditionierter, inerter Gasstrahlen, dabei ist zu untersuchen:

- Wie hängen die Eindringtiefe und die räumliche Ausbreitung des Gasstrahls von der Eindüsungsgeschwindigkeit, dem Verhältnis vom eingeblasenem zum axialen Volumenstrom, der Partikelgröße, dem Lückengrad und der Partikelform ab.
- Wie hängt das Erwärmungsverhalten individueller Partikel ab von deren Größe, der Größenverteilung, der Partikelform, der Strahlung der Partikel untereinander und durch Kontakt der Partikel?

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2021 - 30.06.2024

### **Verteilung und Ablagerung von Partikeln in verdampfenden festsitzenden Tröpfchen**

Festsitzende partikelbeladene Tröpfchen lagern die in ihnen suspendierten Partikel beim Verdampfen auf dem Substrat ab und erzeugen dabei eine Vielzahl von Partikelablagerungsmustern. Die Kontrolle der Form und Eigenschaften dieser Partikelablagerungen kann für viele Anwendungen, vom Tintenstrahldruck bis zur RNA-Sequenzierung, von entscheidender Bedeutung sein. Trotz der erheblichen Forschungsanstrengungen die der Partikelablagerung in verdampfenden festsitzenden Tröpfchen gewidmet wurden, fehlt uns nach wie vor ein grundlegendes Verständnis vieler Aspekte des Partikelverteilungs- und -ablagerungsprozesses. Insbesondere eine detaillierte Quantifizierung der einzelnen Beiträge von Partikel-Partikel- und Partikel-Substrat-Wechselwirkungen, von Partikelanordnung an der Gas-Flüssig-Grenzfläche und von Partikelgrößenverteilungen ist bisher nicht verfügbar. Vor diesem Hintergrund sind die Hauptziele dieses Projekts: (i) die Quantifizierung des Einflusses attraktiver van-der-Waals-Kräfte auf die Partikelverteilung, (ii) die Ermittlung optimaler Bedingungen für die Partikelanordnung an der Gas-Flüssig-Grenzfläche und (iii) die Analyse des Einflusses der Partikelgrößenverteilung von polydispersen Partikelpopulationen auf die Verteilung und Trennung von Partikeln nach Größe für kugel- und ellipsenförmige Partikel. Um diese Forschung zu ermöglichen, werden wir ein effizientes Simulationswerkzeug entwickeln, um die Verdampfung partikelbeladener festsitzender Tröpfchen zu simulieren, alle relevanten physikalischen Mechanismen aufzulösen und die kapillare Anziehung von Partikeln an der Gas-Flüssig-Grenzfläche zu berücksichtigen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2021 - 31.12.2023

### **Modellentwicklung der Grobstruktursimulationen für turbulente Gas-Partikel Strömungen**

Während für unbeschränkte einphasige Strömungen eine Reihe validierter Turbulenzmodelle zur Verfügung stehen, hat sich viel weniger Forschung mit partikelbeladenen Strömungen beschäftigt. Der Einfluss von Partikeln auf die Turbulenz und die Dispersion von Partikeln aufgrund von Turbulenzen spielen eine wichtige Rolle für das Gesamtströmungsverhalten, die physikalischen Wechselwirkungen sind jedoch noch weitgehend unbekannt. Obwohl die Grobstruktursimulation (Large Eddy Simulation, LES) einen großen Einfluss auf die einphasige Strömungsmodellierung hatte, ist ein solcher Berechnungsrahmen noch nicht reif genug, um partikelbeladene Strömungen genau vorherzusagen.

Bisher verwendete Modelle zur Vorhersage turbulenter partikelbeladene Strömungen basieren typischerweise auf einphasigen Annahmen oder vereinfachten Strömungsszenarien. Die aktuellen LES-Modelle für partikelbeladene Strömungen berücksichtigen das Verhalten der unaufgelösten Skalen auf die Partikel nicht ausreichend genau und berücksichtigen nicht den Einfluss der Partikel auf die Turbulenz.

Dieses Forschungsprojekt zielt darauf ab, ein LES-Modell zu entwickeln um das komplexe Verhalten partikelbeladener unbeschränkter turbulenter Strömungen genau vorherzusagen. Um dies zu erreichen wird eine Reihe grundsätzlicher wissenschaftlicher Fragen untersucht, z.B. wie die Strömungsstatistik anhand der ungelösten Skalen genau rekonstruiert werden kann, wie die Auswirkungen des Verhaltens der Partikel auf die Turbulenz berücksichtigt werden können, und wie die Wellenzahlen bei denen die Modulation der Strömung auftritt genau vorhergesagt werden können. Ein solches neuartiges zweiphasiges LES-Modell wird aus detaillierten Studien der Wechselwirkungen zwischen Partikeln und Wirbel durch echte direkte numerische Simulationen entwickelt. Das neuartige Berechnungsmodell wird mit einer Reihe herausfordernder Testfälle geprüft und validiert.

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2020 - 31.10.2023

### **Verhalten und Modellierung nicht sphärischer Partikel in kompressiblen Strömungen**

Dispergierte Partikel in einer Strömung sind sowohl in der Natur als auch in technischen und technologischen Anwendungen allgegenwärtig und reichen vom Sedimenttransport in Flüssen bis zur nadelfreien transdermalen Injektion von pharmazeutischen Pulvern.

Obwohl die Partikel in den meisten Anwendungen nicht kugelförmig sind, konzentrierte sich die überwiegende Mehrheit der in der Literatur veröffentlichten Forschung auf das Verhalten von kugelförmigen Partikeln in inkompressiblen Strömungen.

Eine Reihe früherer Studien hat auch das Verhalten von kugelförmigen Partikeln in kompressiblen Strömungen untersucht, ein umfassendes Verständnis des Verhaltens von nicht kugelförmigen Partikeln in kompressiblen Strömungen und ihrer Wechselwirkung mit Stoßwellen besteht jedoch nach wie vor nicht.

Insbesondere ein detailliertes Verständnis der Kräfte und Drehmomente, die auf nicht kugelförmige Partikel in Schallnahen- und überschallströmungen sowie aufgrund der Wechselwirkung mit einer Stoßwelle einwirken, ist für das Verständnis der physikalischen Phänomene in technischen Anwendungen mit partikelbeladenen kompressiblen Strömungen von entscheidender Bedeutung, z.B. die Qualität von Beschichtungen, die durch Kaltgasspritzen aufgebracht werden, oder die Behandlungssicherheit der transdermalen Arzneimittelinjektion, wurden jedoch noch nicht systematisch untersucht. Vor diesem Hintergrund besteht das Hauptziel dieses vorgeschlagenen Projekts in der detaillierten Analyse und Quantifizierung von (i) Kräften und Drehmomenten, die auf stationäre und sich bewegende nicht kugelförmige Partikel in kompressiblen Strömungen einwirken, und (ii) der Reaktion einzelner und mehrerer nicht kugelförmiger Partikel auf eine vorbeiziehende Stoßwelle. Dies wird die Grundlage für eine sicherere und effizientere Gestaltung und Nutzung der relevanten technischen Anwendungen legen. Um diese Forschung zu ermöglichen, werden wir im Rahmen einer Immersed-Boundary-Methode (IBM) neue numerische Schemata entwickeln, die den Stand der Technik erweitern und einen neuartigen Ansatz vorschlagen, der für Strömungen bei allen Geschwindigkeiten anwendbar ist und häufig auftretende Probleme mit IBM für kompressible Strömungen beseitigt, sowie ein Modell für die Kräfte und Drehmomente auf nicht kugelförmige Partikel entwickeln, das für Punkt-Partikel-Simulationen verwendet werden kann.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.02.2021 - 31.01.2024

### **Das Verhalten von länglichen nicht-sphärischen Partikeln in wandnahen turbulenten Scherströmungen ...**

Der Transport nicht-sphärischer Partikel in Fluiden ist für eine Reihe von industriellen Prozessen, aber auch für unsere Umwelt, von großer Bedeutung. Als Beispiele können genannt werden, Kristallisation, Papierherstellung, Widerstandsminimierung durch Fasern, Transport von Sedimenten und Bewegung von Mikroplastik in Ozeanen. Sehr häufig sind diese Prozesse durch Wandungen berandet, wie z.B. in Rührkesseln, Rohrleitungssystemen oder in Trennapparaten. Derartige Strömungsvorgänge sind in der Regel turbulent und beinhalten starke Scherschichten.

Numerische Analysen zur Auslegung und Optimierung sind heutzutage aufgrund der geringen Kosten und der damit verbundenen Möglichkeit die ablaufenden Elementarprozesse detailliert zu visualisieren sehr bedeutend. Allerdings wird bisher in den meisten Berechnungen davon ausgegangen, dass die dispergierten Partikel sphärisch sind.

Um eine zuverlässige numerische Berechnung der genannten partikelbeladenen Prozesse unter Verwendung des Punktpartikel-Euler/Lagrange Verfahrens zu ermöglichen sollen im beantragten Projekt die notwendigen Modelle für längliche nicht-sphärische Partikel grundlegend erweitert werden. Der Schwerpunkt liegt dabei besonders auf turbulenten Scherströmungen mit Wandwechselwirkungen. Beispielhaft werden als Partikel ausgeprägt längliche Formen wie Fasern und Plättchen betrachtet, da deren Modellierung durch Punktpartikelapproximationen eine besondere Herausforderung darstellt.

Zu diesem Zweck wird ein Mehrskalenansatz verfolgt, wobei zunächst die erforderlichen Beiwerte für die relevanten Strömungskräfte und Momente als auch die Wechselwirkung mit der Strömung für längliche Partikel durch voll-aufgelöste numerische Simulationen (PR-DNS) analysiert werden. Diese umfangreichen Simulationsergebnisse werden für eine öffentlich verfügbare Datenbank aufbereitet und wo erforderlich mit dreidimensionalen experimentellen Untersuchungen durch bildgebenden Messverfahren verglichen. Auf der Grundlage dieser Simulationsergebnisse werden dann Lagrangesche Modelle für Punktpartikel entwickelt und in vorhandene numerische Berechnungsprogramme (i.e. MultiFlow und OpenFOAM) implementiert. In Bezug auf die Turbulenzmodellierung werden ergänzend LES (large-eddy simulations) und RANS (Reynolds-averaged Navier-Stokes) Ansätze verwendet und deren Ergebnisse verglichen. Die zu entwickelnden Modelle und Korrelationen beziehen sich im Einzelnen auf die Fluidkräfte, Widerstand, virtuelle Masse, Basset Kraft und transversale Auftriebskräfte durch Scherung und Partikelrotation, als auch die bei nicht-sphärischen Partikeln wirkenden Drehmomente.

Weiterhin müssen alle Fluidkräfte auf die Partikel durch Modifikationen aufgrund von Wandeinflüssen mit Hilfe der PR-DNS ergänzt werden um diese bei der Lagrangeschen Berechnung berücksichtigen zu können. Besonders in Flüssigkeitsströmungen mit länglichen Partikeln sind Wandeffekte sehr wichtig und werden einen großen Einfluss auf deren Orientierung in Wandnähe haben.

Schließlich sind noch detaillierte Validierungsdaten für die entwickelten Euler/Lagrange Verfahren erforderlich, welche mit einem vorhandenen geschlossenen Wasserkanal gewonnen werden sollen. Hierbei wird die Bewegung länglicher Partikel (Fasern und Plättchen), als auch des umgebenden Fluids mit Hilfe eines zu entwickelnden dreidimensionalen Visualisierungs-verfahrens voll aufgelöst erfasst.

Durch die erfolgreiche Bearbeitung des Forschungsvorhabens werden Erkenntnisse und Modelle bereitgestellt, die eine zuverlässige numerische Vorhersage von wandnahen turbulenten Strömungen mit länglichen nicht-sphärischen Partikeln für einen weiten Anwendungsbereich ermöglichen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Förderer:** Industrie - 01.08.2018 - 31.01.2022

### **A study concerning in silico simulations of dry powder inhalers**

In diesem Projekt führen wir Diskrete Elementsimulationen von Agglomeraten, die auf andere Agglomerate aufprallen, und von Agglomeraten, die auf eine Wand aufprallen, durch. Die Agglomerate bestehen aus mehreren kleinen Primärpartikeln. In den Simulationen haben wir die Haftfähigkeit der Primärpartikel, die Agglomeratgröße sowie die Aufprallgeschwindigkeit des Aufpralls variiert. Die quantitativen Trends in den Ergebnissen der Simulationen wurden durch eine dimensionale Analyse des Problems erfasst, und die resultierende Anpassung einer aufgelösten Mikroskalenmodellierung der Auswirkungen wurde verwendet, um ein diskretes Fragmentierungsmodell auf Makroebene zu konstruieren, um Agglomerate zu beschreiben Fragmentierung im Rahmen des Diskreten-Elemente-Modells, jedoch ohne die Notwendigkeit, das Verhalten jedes einzelnen Primärteilchens aufzuklären. Die Funktionsweise des diskreten Fragmentierungsmodells wurde mit den Ergebnissen der detaillierten Mikrosimulationen validiert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2020 - 30.06.2023

### **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:** Prof. Dr. Berend 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:** Prof. Dr. Berend van Wachem  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2019 - 30.06.2022

### **Nichtlineare Kapillarsysteme mit tensidebeladenen Grenzflächen**

An Fluidgrenzflächen adsorbierte oberflächenaktive Substanzen sind allgegenwärtig und das Verständnis ihres subtilen, aber oft dominanten Einflusses ist daher für eine Vielzahl von technischen Anwendungen und Naturphänomenen von zentraler Bedeutung. Theoretische Untersuchungen zur physikalisch-chemischen Hydrodynamik von Kapillarsystemen mit Tensiden beschränkten sich bisher überwiegend auf einfache Tenside, Fälle ohne Topologieänderungen und kleine Reynolds-Zahlen. Infolgedessen gibt es kein umfassendes Verständnis des Einflusses von tensidebeladenen Grenzflächen mit endlicher Amplitude, Oberflächenviskosität und Trägheit, der in technischen Anwendungen von der Biotechnik bis zur Fertigung wichtig ist, in Kapillarsystemen einschließlich Änderungen der Grenzflächentopologie. Dieses Projekt untersucht die grundlegenden physikalischen Mechanismen, die mit dem nichtlinearen Verhalten von tensidbeladenen Kapillarsystemen verbunden sind, und konzentriert sich auf den subtilen, aber wichtigen Einfluss der Oberflächenviskosität sowie die Entwicklung von Kapillarinstabilitäten und -fragmentierung. Dies wird zu einem detaillierteren Verständnis der Wechselwirkung von Oberflächenviskosität und Trägheit mit der oberflächenspannungsdominierten Grenzflächenbewegung und

ihrer Auswirkungen auf Topologieänderungen in Kapillarsystemen über einen weiten Bereich von Längenskalen beitragen. Um diese Strömungen zu untersuchen, werden neue numerische Methoden zur Simulation von Grenzflächenströmungen mit unlöslichen Tensiden und Oberflächenviskosität im Bereich der Kontinuumsmechanik entwickelt, die, integriert in modernste numerische Simulationswerkzeuge, einen rationalen rechnerischen Rahmen für die genaue Modellierung oberflächenaktiver Substanzen stellt.

---

**Projektleitung:** Dr. rer. nat. Fabian Reuter, Prof. Dr. Claus-Dieter Ohl, Jun.-Prof. Dr. Fabian Denner  
**Förderer:** Sonstige - 01.01.2021 - 01.06.2022

### **Präzisionsreinigung mit Mikrojets**

Das Entfernen von unpolaren tröpfchenartigen Anhaftungen mittels eines schnellen und transienten Wasserstrahls soll in diesem Forschungsprojekt untersucht werden. Hierzu werden Experimente und Strömungssimulationen von laserinduzierten Kavitationsblasen auf mikroskopischer räumlicher Skala und einer Submikrosekunden-Zeitskala zur quantitativen Analyse durchgeführt. Die durch den asymmetrischen Blasenkollaps gebildeten Mikrojets erreichen Geschwindigkeiten von bis zu 100 m/s und erzeugen Wandschubspannungen von über 105 N/m<sup>2</sup>. Auf Basis dieser Mikrojets gehen wir die Frage an, welche Stärke und Einwirkzeit der vom Jet erzeugten Wandschubspannungen notwendig ist, um hochviskose unpolare Verschmutzungen abzulösen. Die angestrebten Experimente und Simulationen erlauben es mit bisher nicht erreichter Auflösung die Mechanismen des mikroskopischen Kärcherns zu verstehen und den Weg für neue Techniken zur kavitationsgestützten Präzisionsreinigung zu bereiten. Wir erwarten als Ergebnis, dass nicht nur Vorschläge für die Optimierung von bisherigen Strahlreinigern gemacht werden können, sondern wir auch Vorschläge geben, wie optische und hydrodynamische Kavitation zur schonenden Entfernung von Oberflächenverschmutzungen genutzt werden können.

---

**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 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.-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 particle's 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  $\mu$ -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 - 30.06.2022

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

It will be investigated how to capture and store CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> that is already in the atmosphere, helping to contribute to the fight against climate change.

---

**Projektleitung:** Dr. Andreas Voigt  
**Projektbearbeitung:** MSc. Maren Huhle, MSc. Mario Zierau  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.11.2019 - 31.12.2022

### **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; Rahimi, Arman; Tsotsas, Evangelos; Prat, Marc; Kharaghani, Abdolreza**

From micro-scale to macro-scale modeling of solute transport in drying capillary porous media  
International journal of heat and mass transfer - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Volume 165(2021), part B, article 120722;

[Imp.fact.: 4.947]

**Ahmad, Raheel; Kleineberg, Christin; Nasirimarekani, Vahid; Su, Yu-Jung; Goli Pozveh, Samira; Bae, Albert; Sundmacher, Kai; Bodenschatz, Eberhard; Guido, Isabella; Vidaković-koch, Tanja; Gholami, Azam**

Light-powered reactivation of flagella and contraction of microtubule networks - toward building an artificial cell  
ACS synthetic biology/ American Chemical Society - Washington, DC: ACS, Bd. 10 (2021), 6, S. 1490-1504;

[Imp.fact.: 5.11]

**Alvarado Perea, Leo; Felischak, Matthias; Wolff, Tanya; López Gaona, J.A.; Hamel, Christof; Seidel-Morgenstern, Andreas**

Propene production at low temperature by bimetallic Ni-Mo and Ni-Re catalysts on mesoporous MCM-41 prepared using template ion exchange

Fuel: the science and technology of fuel and energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 284 (2021);

[Imp.fact.: 5.578]

**Bechtel, Simon; Crothers, Andrew R.; Weber, Adam Z.; Kunz, Ulrich; Turek, Thomas; Vidaković-Koch, Tanja; Sundmacher, Kai**

Advances in the HCl gas-phase electrolysis employing an oxygen-depolarized cathode

Electrochimica acta - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 365 (2021), insges. 13 S.;

[Imp.fact.: 6.901]

**Biemann, Ronald; Buß, Enrico; Benndorf, Dirk; Lehmann, Theresa; Schallert, Kay; Püttker, Sebastian; Reichl, Udo; Isermann, Berend; Schneider, Jochen; Saake, Gunter; Heyer, Robert**

Fecal metaproteomics reveals reduced gut inflammation and changed microbial metabolism following lifestyle-induced weight loss

Biomolecules - Basel: MDPI, 2011, Vol.11.2021, 5, 726, insgesamt 13 Seiten;

[Imp.fact.: 4.879]

**Bissinger, Thomas; Wu, Yixiao; Marichal-Gallardo, Pável Alejandro; Riedel, Dietmar; Liu, Xuping; Genzel, Yvonne; Tan, Wen-Song; Reichl, Udo**

Towards integrated production of an influenza A vaccine candidate with MDCK suspension cells

Biotechnology & bioengineering - New York, NY [u.a.]: Wiley, Bd. 118 (2021), 10, S. 3996-4013;

[Imp.fact.: 4.53]

**Bremer, Jens; Sundmacher, Kai**

Novel multiplicity and stability criteria for non-isothermal fixed-bed reactors

Frontiers in energy research - Lausanne: Frontiers Media, Bd. 8 (2021), insges. 19 S.;

**Briest, L.; Wagner, R.; Tretau, A.; Tsotsas, Evangelos; Vorhauer-Huget, N.**

Microwave-assisted drying of clay roof tiles

Drying technology: an international journal - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis . - 2021;

[Imp.fact.: 2.988]

**Briest, Lucas; Tsotsas, Evangelos; Vorhauer-Huget, Nicole**

Experimentelle Untersuchung der Mikrowellentrocknung von Sanitärkeramiken

Keramische Zeitschrift - Wiesbaden: Springer Vieweg, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Bd. 2 (2021), S. 36-42

**Brune, Andreas; Geschke, Alexander; Seidel-Morgenstern, Andreas; Hamel, Christof**

Modeling and simulation of catalyst deactivation and regeneration cycles for propane dehydrogenation - comparison of different modeling approaches

Chemical engineering and processing - Amsterdam [u.a.]: Elsevier . - 2021;

**Canedo, Marianny Silva; Figueiredo, Maria Fernanda Santos; Thomik, Maximilian; Vorhauer-Huget, Nicole; Tsotsas, Evangelos; Thoméo, João Cláudio**

Porosity and pore size distribution of beds composed by sugarcane bagasse and wheat bran for solid-state cultivation

Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 386 (2021), S. 166-175;

**Cerqueira, Rafael F. L.; Paladino, Emilio E.; Evrard, Fabien; Denner, Fabian; Wachem, Berend**

Multiscale modeling and validation of the flow around Taylor bubbles surrounded with small dispersed bubbles using a coupled VOF-DBM approach

International journal of multiphase flow - Oxford: Pergamon Press, Bd. 141 (2021);

[Imp.fact.: 3.186]

**Chai, Shiyang; Song, Zhen; Zhou, Teng; Zhang, Lei; Qi, Zhiwen**

Computer-aided molecular design of solvents for chemical separation processes

Current opinion in chemical engineering - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 35 (2021);

[Imp.fact.: 5.163]

**Chen, Guzhong; Song, Zhen; Qi, Zhiwen; Sundmacher, Kai**

Neural recommender system for the activity coefficient prediction and UNIFAC model extension of ionic liquid-solute systems

AIChE journal/ American Institute of Chemical Engineers - Hoboken, NJ: Wiley, Bd. 67 (2021), 4, insges. 13 S.;

[Imp.fact.: 3.993]

**Chuzel, Léa; Fossa, Samantha L.; Boisvert, Madison L.; Cajic, Samanta; Heenig, René; Ganatra, Mehul B.; Reichl, Udo; Rapp, Erdmann; Taron, Christopher H.**

Combining functional metagenomics and glycoanalytics to identify enzymes that facilitate structural characterization of sulfated N-glycans

Microbial cell factories - London: Biomed Central, Bd. 20 (2021), S. 1-17;

[Imp.fact.: 5.328]

**Denner, Fabian; Evrard, Fabien; Castrejón-Pita, Alfonso Arturo; Castrejón-Pita, José Rafael; Wachem, Berend**

Reversal and inversion of capillary jet breakup at large excitation amplitudes

Flow, turbulence and combustion - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V. . - 2021, insges. 21 S.;

[Imp.fact.: 2.305]

**Denner, Fabian; Evrard, Fabien; Reuter, Fabian; Gonzalez-Avila, Silvestre Roberto; Wachem, Berend; Ohl, Claus-Dieter**

Predicting laser-induced cavitation near a solid substrate

Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 20 (2021), 1, insges. 2 S.;

**Evrard, Fabien; Denner, Fabian; Wachem, Berend**

Quantifying the errors of the particle-source-in-cell Euler-Lagrange method

International journal of multiphase flow - Oxford: Pergamon Press, Bd. 135 (2021);

[Imp.fact.: 3.186]

**Felischak, Matthias; Kaps, Lothar; Hamel, Christof; Nikolic, Daliborka; Petkovska, Menka; Seidel-Morgenstern, Andreas**

Analysis and experimental demonstration of forced periodic operation of an adiabatic stirred tank reactor - Simultaneous modulation of inlet concentration and total flow-rate

The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Bd. 410 (2021);

[Imp.fact.: 10.652]

**Fortuna, Raquel A.; Taft, Florian; Villain, Louis; Wolff, Michael W.; Reichl, Udo**

Continuous purification of influenza A virus particles using pseudo-affinity membrane chromatography  
Journal of biotechnology - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 342 (2021), S. 139-148;  
[Imp.fact.: 3.307]

**Gruber, Sebastian; Vorhauer-Huget, Nicole; Schulz, Michael; Hilmer, Mathias; Peters, Jürgen; Tsotsas, Evangelos; Foerst, Petra**

Beschreibung der Sublimationsfront in Schüttgütern mittels Neutronenradiografie und -tomografie  
Die pharmazeutische Industrie: pharmind ; Veröffentlichungen über sämtliche Aspekte der Herstellung und des Vertriebes pharmazeutischer Erzeugnisse ; Forum der Pharma-Industrie für alle Themen der Pharma-, Gesundheits- und Sozialpolitik sowie des Arzneimittelwesens im Umfeld der Marktbeteiligten ; Mitteilungsorgan der Verbände der deutschen Pharma-Industrie - Aulendorf: ECV, Editio-Cantor-Verl., Bd. 83 (2021), 5, insges. 12 S.;

**Gränicher, Gwendal; Babakhani, Masoud; Göbel, Sven; Jordan, Ingo; Marichal-Gallardo, Pavel; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo**

A high cell density perfusion process for Modified Vaccinia virus Ankara production - process integration with inline DNA digestion and cost analysis  
Biotechnology & bioengineering - New York, NY [u.a.]: Wiley . - 2021, insges. 15 S. ;  
[Imp.fact.: 4.53]

**Gänsch, Jonathan; Huskova, N.; Kerst, Kristin; Temmel, E.; Mangold, M.; Janiga, Gábor; Seidel-Morgenstern, Andreas**

Continuous enantioselective crystallization of chiral compounds in coupled fluidized beds  
The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Bd. 422 (2021);  
[Imp.fact.: 13.273]

**Hein, Marc D.; Arora, Prerna; Marichal-Gallardo, Pável Alejandro; Winkler, Michael; Genzel, Yvonne; Pöhlmann, Stefan; Schughart, Klaus; Kupke, Sascha Y.; Reichl, Udo**

Cell culture-based production and in vivo characterization of purely clonal defective interfering influenza virus particles  
BMC biology - Berlin: Springer, Bd. 19 (2021);  
[Imp.fact.: 6.765]

**Hein, Marc D.; Chawla, Anshika; Cattaneo, Maurizio; Kupke, Sascha Y.; Genzel, Yvonne; Reichl, Udo**

Cell culture-based production of defective interfering influenza A virus particles in perfusion mode using an alternating tangential flow filtration system  
Applied microbiology and biotechnology - Berlin: Springer, Bd. 105 (2021), S. 72517264;  
[Imp.fact.: 4.813]

**Hein, Marc D.; Kollmus, Heike; Marichal-Gallardo, Pavel; Püttker, Sebastian; Benndorf, Dirk; Genzel, Yvonne; Schughart, Klaus; Kupke, Sascha Y.; Reichl, Udo**

OP7, a novel influenza A virus defective interfering particle - production, purification, and animal experiments demonstrating antiviral potential  
Applied microbiology and biotechnology - Berlin: Springer, Bd. 105 (2021), 1, S. 129-146;  
[Imp.fact.: 3.67]

**Hosseini, Seyed Ali; Safari, Hesameddin; Thévenin, Dominique**

Lattice Boltzmann solver for multiphase flows - application to high Weber and Reynolds numbers  
Entropy - Basel: MDPI, Bd. 23 (2021), 2; <http://dx.doi.org/10.3390/e23020166> 10.25673/37922  
[Imp.fact.: 2.524]

**Hussain, Farooq; Jaskulski, Maciej; Piatkowski, Marcin; Tsotsas, Evangelos**

CFD simulation of agglomeration and coalescence in spray dryer  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 247 (2021);  
[Imp.fact.: 4.311]

**Intaraboonrod, Kritsada; Harriehausen, Isabel; Carneiro, Thiane; Seidel-Morgenstern, Andreas; Lorenz, Heike; Flood, Adrian E.**

Temperature cycling induced deracemization of dl-asparagine monohydrate with immobilized amino acid racemase

Crystal growth & design - Washington, DC: ACS Publ., Bd. 21 (2021), 1, S. 306-313;

[Imp.fact.: 4.089]

**Ivanov, Ivan; López Castellanos, Sebastián; Balasbas, Severo; Otrin, Lado; Marušič, Nika; Vidaković-Koch, Tanja; Sundmacher, Kai**

Bottom-up synthesis of artificial cells - recent highlights and future challenges

Annual review of chemical and biomolecular engineering - Palo Alto, Calif.: Annual Reviews, Bd. 12 (2021), 1, S. 287-308;

[Imp.fact.: 9.569]

**Janocha, Manuel; Tsotsas, Evangelos**

In silico investigation of the evaporation flux distribution along sessile droplet surfaces during convective drying

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 238 (2021);

[Imp.fact.: 3.871]

**Janocha, Manuel; Tsotsas, Evangelos**

In-depth investigation of incremental layer build-up from dried deposited droplets

AIChE journal/ American Institute of Chemical Engineers - Hoboken, NJ: Wiley . - 2021, insges. 17 S.;

[Imp.fact.: 3.993]

**Kharaghani, Abdolreza; Mahmood, Hafiz Tariq; Wang, Yujing; Tsotsas, Evangelos**

Three-dimensional visualization and modeling of capillary liquid rings observed during drying of dense particle packings

International journal of heat and mass transfer - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 177 (2021);

[Imp.fact.: 4.947]

**Kirschtowski, Sabine; Jameel, Froze; Stein, Matthias; Seidel-Morgenstern, Andreas; Hamel, Christof**

Kinetics of the reductive amination of 1-undecanal in thermomorphic multicomponent system

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 230 (2021);

[Imp.fact.: 3.871]

**König-Mattern, Laura; Linke, Steffen; Rihko-Struckmann, Liisa; Sundmacher, Kai**

Computer-aided solvent screening for the fractionation of wet microalgae biomass

Green chemistry - Cambridge: RSC, Bd. 23 (2021), 24, S. 10014-10029;

[Imp.fact.: 10.182]

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

Superheated steam drying of single wood particles - modeling and comparative study with hot air drying

Chemical engineering & technology: industrial chemistry, plant equipment, process engineering, biotechnology - Weinheim: Wiley-VCH Verl.-Ges., Bd. 44.2021, 1, S. 114-123;

[Imp.fact.: 1.543]

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

Numerical short-cut design of simulated moving bed chromatography for multicomponent nonlinear adsorption isotherms - nonstoichiometric Langmuir model

Industrial & engineering chemistry research - Columbus, Ohio: American Chemical Society, Bd. 60 (2021), 29, S. 10455-10834;

[Imp.fact.: 3.764]

**Long, Nguyen Van Duc; Kim, Gwang Sik; Tran, Nam Nghiep; Lee, Dong Young; Fulcheri, Laurent; Song, Zhen; Sundmacher, Kai; Lee, Moonyong; Hessel, Volker**

Biogas upgrading using ionic liquid [Bmim][PF<sub>6</sub>] followed by thermal-plasma-assisted renewable hydrogen and solid carbon production

International journal of hydrogen energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier . - 2021;

[Imp.fact.: 5.816]

**Lu, Xiang; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza**

Drying of capillary porous media simulated by coupling of continuum-scale and micro-scale models  
International journal of multiphase flow - Oxford: Pergamon Press, Bd. 140 (2021);  
[Imp.fact.: 3.083]

**Lu, Xiang; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza**

Insights into evaporation from the surface of capillary porous media gained by discrete pore network simulations  
International journal of heat and mass transfer - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Volume 168(2021), article 120877;  
[Imp.fact.: 4.947]

**Ludwig, Kristin; Rihko-Struckmann, Liisa; Brintzer, Gordon; Unkelbach, Gerd; Sundmacher, Kai**

$\beta$ -Carotene extraction from *Dunaliella salina* by supercritical CO<sub>2</sub>  
Journal of applied phycology - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 33 (2021), 3, S. 1435-1445;  
[Imp.fact.: 3.215]

**Maggi, Andrea; Garmatter, Dominik; Sager, Sebastian; Stoll, Martin; Sundmacher, Kai**

Power-to-syngas - a parareal optimal control approach  
Frontiers in energy research - Lausanne: Frontiers Media, Bd. 9 (2021), insges. 16 S.;

**Mahmood, Hafiz Tariq; Tsotsas, Evangelos; Kharaghani, Abdolreza**

The role of discrete capillary rings in mass transfer from the surface of a drying capillary porous medium  
Transport in porous media - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 140 (2021), S. 351-369;  
[Imp.fact.: 3.019]

**Mahour, Reza; Lee, Ju Weon; Grimpe, Pia; Boecker, Simon; Grote, Valerian; Klamt, Steffen; Seidel-Morgenstern, Andreas; Rexer, Thomas F. T.; Reichl, Udo**

Cell-free multi-enzyme synthesis and purification of uridine diphosphate galactose  
ChemBioChem - Weinheim: Wiley-VCH, Bd. 22 (2021), S. 1-11;  
[Imp.fact.: 3.165]

**Mahour, Reza; Marichal-Gallardo, Pavel A.; Rexer, Thomas; Reichl, Udo**

Multienzyme cascades for the in vitro synthesis of guanosine diphosphate Lfucose  
ChemCatChem - Weinheim: WILEY-VCH Verlag, Bd. 13 (2021), insges. 11 S.;

**Marichal-Gallardo, Pavel; Börner, Kathleen; Pieler, Michael M.; Sonntag-Buck, Vera; Obr, Martin; Bejarano, David; Wolff, Michael W.; Kräusslich, Hans-Georg; Reichl, Udo; Grimm, Dirk**

Associated viral gene transfer vectors by membrane-based steric exclusion chromatography  
Human gene therapy - New York, NY: Liebert, 2021, insgesamt 16 Seiten;  
[Imp.fact.: 4.51]

**Medeiros de Souza, Luís; Temmel, Erik; Janiga, Gábor; Seidel-Morgenstern, Andreas; Thévenin, Dominique**

Simulation of a batch crystallizer using a multi-scale approach in time and space  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 232 (2021), article 116344;  
[Imp.fact.: 3.871]

**Meinusch, Nicole; Kramer, Susanne; Körner, Oliver; Wiese, Jürgen; Seick, Ingolf; Beblek, Anita; Berges, Regine; Illenberger, Bernhard; Illenberger, Marco; Uebbing, Jennifer; Wolf, Maximilian; Saake, Gunter; Benndorf, Dirk; Reichl, Udo; Heyer, Robert Steven**

Integrated cycles for urban biomass as a strategy to promote a CO<sub>2</sub>-neutral society - a feasibility study  
Sustainability - Basel: MDPI, Bd. 13 (2021), 17, insges. 22 S.;

**Mielke, Lisa; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

Multi-stage and multi-compartment model for dynamic simulation of horizontal fluidized bed granulator  
Drying technology: an international journal - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, Bd. 39 (2021), 2, S. 203-218;  
[Imp.fact.: 2.988]

**Offersgaard, Anna; Duarte Hernandez, Carlos Rene; Pihl, Anne Finne; Costa, Rui; Venkatesan, Nandine Prabhakar; Lin, Xiangliang; Pham, Long Van; Feng, Shan; Fahnøe, Ulrik; Scheel, Troels Kasper Høyer; Ramirez, Santseharay; Reichl, Udo; Bukh, Jens; Genzel, Yvonne; Gottwein, Judith Margarete**

SARS-CoV-2 production in a scalable high cell density bioreactor

Vaccines - Basel: MDPI, Bd. 9 (2021), 7;

[Imp.fact.: 4.422]

**Otto, Eric; Dürr, Robert; Strenzke, Gerd; Palis, Stefan; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos; Kienle, Achim**

Kernel identification in continuous fluidized bed spray agglomeration from steady state data

Advanced powder technology: the international journal of the Society of Powder Technology, Japan - Amsterdam [u.a.]: Elsevier - the international journal of the Society of Powder Technology, Japan, Vol. 31 (2021), insgesamt 13 Seiten;

[Imp.fact.: 4.217]

**Paliwal, Shubhani; Panda, Debashis; Bhaskaran, Supriya; Vorhauer-Huget, Nicole; Tsotsas, Evangelos; Surasani, Vikranth Kumar**

Lattice Boltzmann method to study the water-oxygen distributions in porous transport layer (PTL) of polymer electrolyte membrane (PEM) electrolyser

International journal of hydrogen energy: official journal of the International Association for Hydrogen Energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier - official journal of the International Association for Hydrogen Energy, Bd. 46 (2021), 44, S. 22747-22762;

[Imp.fact.: 4.939]

**Pech, Sabine; Rehberg, Markus; Janke, Robert; Benndorf, Dirk; Genzel, Yvonne; Muth, Thilo; Sickmann, Albert; Rapp, Erdmann; Reichl, Udo**

Tracking changes in adaptation to suspension growth for MDCK cells: cell growth correlates with levels of metabolites, enzymes and proteins

Applied microbiology and biotechnology - Berlin: Springer, Bd. 105 (2021), S. 1861-1874;

[Imp.fact.: 3.53]

**Peng, Daili; Kleiweg, Anne-Jan; Winkelman, Jozef G. M.; Song, Zhen; Picchioni, Francesco**

A hierarchical hybrid method for screening ionic liquid solvents for extractions exemplified by the extractive desulfurization process

ACS sustainable chemistry & engineering/ American Chemical Society - Washington, DC: ACS Publ., Bd. 9 (2021), 7, S. 2705-2716;

[Imp.fact.: 7.632]

**Pralow, Alexander; Hoffmann, Marcus; Nguyen-Khuong, Terry; Pioch, Markus; Hennig, René; Genzel, Yvonne; Rapp, Erdmann; Reichl, Udo**

Comprehensive N-glycosylation analysis of the influenza A virus proteins HA and NA from adherent and suspension MDCK cells

The FEBS journal/ Vereinigung der Europäischen Biochemischen Gesellschaften - Oxford [u.a.]: Wiley-Blackwell . - 2021;

[Imp.fact.: 4.392]

**Pralow, Alexander; Nikolay, Alexander; Leon, Arnaud; Genzel, Yvonne; Rapp, Erdmann; Reichl, Udo**

Site-specific N-glycosylation analysis of animal cell culture-derived Zika virus proteins

Scientific reports - [London]: Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature, Bd. 11 (2021);

[Imp.fact.: 3.998]

**Pramudita, Daniel; Teiwes, Arne; Jacob, Michael; Tsotsas, Evangelos**

Crust breakage in production of fine particles using pulse combustion drying - experimental and numerical investigations

Powder technology: an international journal on the science and technology of wet and dry particulate systems - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 393 (2021), S. 77-98;

[Imp.fact.: 5.134]

**Qin, Hao; Song, Zhen; Qi, Zhiwen; Sundmacher, Kai**

Comparative screening of organic solvents, ionic liquids, and their binary mixtures for vitamin E extraction from deodorizer distillate

Chemical engineering and processing - Amsterdam [u.a.]: Elsevier . - 2021;

[Imp.fact.: 4.237]

**Rand, Ulfert; Kupke, Sascha Young; Shkarlet, Hanna; Hein, Marc Dominique; Hirsch, Tatjana; Marichal-Gallardo, Pável Alejandro; Cicin-Sain, Luka; Reichl, Udo; Bruder, Dunja**

Antiviral activity of influenza A virus defective interfering particles against SARS-CoV-2 replication in vitro through stimulation of innate immunity

Cells - Basel: MDPI, 2021, Bd. 10 (2021), 7, insges. 14 S.;

[Imp.fact.: 6.6]

**Reichl, Udo; Seidel-Morgenstern, Andreas; Sundmacher, Kai; Tsotsas, Evangelos; Wachem, Berend**

Forschungsarbeiten am Institut für Verfahrenstechnik der Otto von Guericke Universität Magdeburg

Chemie - Ingenieur - Technik: CIT - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 93 (2021), 3, S. 345-352;

[Imp.fact.: 1.147]

**Ren, Zibo; Liu, Shuhong; Tan, Beng Hau; Denner, Fabian; Evrard, Fabien; Wachem, Berend; Zuo, Zhigang; Ohl, Claus-Dieter**

Strong shear flows release gaseous nuclei from surface micro- and nanobubbles

Physical review fluids - College Park, MD: APS, Bd. 6 (2021), 4, insges. 19 S.;

[Imp.fact.: 2.537]

**Ruhnau, Johannes; Grote, Valerian; Juarez-Osorio, Mariana; Bruder, Dunja; Mahour, Reza; Rapp, Erdmann; Rexer, Thomas F. T.; Reichl, Udo**

Cell-free glycoengineering of the recombinant SARS-CoV-2 spike glycoprotein

Frontiers in Bioengineering and Biotechnology - Lausanne: Frontiers Media, 2021, Bd. 9 (2021), insges. 10 S.;

[Imp.fact.: 5.89]

**Rüdiger, Daniel; Pelz, Lars; Hein, Marc D.; Kupke, Sascha Y.; Reichl, Udo**

Multiscale model of defective interfering particle replication for influenza A virus infection in animal cell culture

PLoS Computational Biology: a new community journal/ Public Library of Science - San Francisco, Calif.:

Public Library of Science, Bd. 17 (2021), 9, insges. 28 S.;

[Imp.fact.: 4.428]

**Sadeghi, Masoud; Tenberg, Vico; Münzberg, Stephan; Lorenz, Heike; Seidel-Morgenstern, Andreas**

Phase equilibria of IValine/IIleucine solid solutions

Journal of molecular liquids: an international journal devoted to fundamental aspects of structure, interactions and dynamic processes in simple, molecular and complex liquids - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 340 (2021);

[Imp.fact.: 6.165]

**Seidel, Carsten; Nikolić, Daliborka; Felischak, Mattias; Petkovska, Menka; Seidel-Morgenstern, Andreas; Kienle, Achim**

Optimization of methanol synthesis under forced periodic operation

Processes: open access journal - Basel: MDPI - open access journal, Bd. 9 (2021), 5;

[Imp.fact.: 2.753]

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

A fast and improved tunable aggregation model for stochastic simulation of spray fluidized bed agglomeration

Energies - Basel: MDPI, Bd. 14 (2021), 21, insges. 18 S.;

[Imp.fact.: 3.004]

**Singh, Abhinandan; Tsotsas, Evangelos**

Influence of polydispersity and breakage on stochastic simulations of spray fluidized bed agglomeration

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 247 (2022);

[Imp.fact.: 4.311]

**Sommerfeld, Martin; Sgrott, O. L.; Taborda, M. A.; Koullapis, P.; Bauer, K.; Kassinos, S.**

Analysis of flow field and turbulence predictions in a lung model applying RANS and implications for particle deposition

European journal of pharmaceutical sciences: official journal of the European Federation for Pharmaceutical Sciences - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 166 (2021);

[Imp.fact.: 4.384]

**Sorrentino, Antonio; Sundmacher, Kai; Vidakovic-Koch, Tanja**

Decoupling oxygen and water transport dynamics in polymer electrolyte membrane fuel cells through frequency response methods based on partial pressure perturbations

Electrochimica acta - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 390 (2021);

[Imp.fact.: 6.901]

**Tawfik, Mohamed; Zhang, Xiwei; Grigartzik, Lisa; Heiduschka, Peter; Hintz, Werner; Henrich-Noack, Petra; Wachem, Berend; Sabel, Bernhard A.**

Gene therapy with caspase-3 small interfering RNA-nanoparticles is neuroprotective after optic nerve damage

Neural regeneration research: NRR - Mumbai: Wolters Kluwer Health Medknow, 2006, Bd. 16 (2021), 12, S. 2534-2541;

[Imp.fact.: 5.135]

**Uebbing, Jennifer; Biegler, Lorenz T.; Rihko-Struckmann, Liisa; Sager, Sebastian; Sundmacher, Kai**

Optimization of pressure swing adsorption via a trust-region filter algorithm and equilibrium theory

Computers & chemical engineering: an international journal of computer applications in chemical engineering - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 151 (2021);

[Imp.fact.: 3.845]

**Walke, Daniel; Schallert, Kay; Ramesh, Prasanna; Benndorf, Dirk; Lange, Emanuel; Reichl, Udo; Heyer, Robert**

MPA\_Pathway\_Tool - user-friendly, automatic assignment of microbial community data on metabolic pathways

International journal of molecular sciences - Basel: Molecular Diversity Preservation International, Bd. 22 (2021), 20, insges. 12 S.;

[Imp.fact.: 5.924]

**Walter, Jan P.; Brune, Andreas; Seidel-Morgenstern, Andreas; Hamel, Christof**

Model-based analysis of fixed-bed and membrane reactors of various scale

Chemie - Ingenieur - Technik - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 93 (2021), 5, S. 819-824;

[Imp.fact.: 1.147]

**Walter, Jan P.; Brune, Andreas; Seidel-Morgenstern, Andreas; Hamel, Christof**

Process intensification of the propane dehydrogenation considering coke formation, catalyst deactivation and regeneration - Transient modelling and analysis of a heat-integrated membrane reactor

Catalysts: open access journal - Basel: MDPI, Bd. 11 (2021), 9;

[Imp.fact.: 4.399]

**Wang, MinHui; Weber, André; Hartig, Roland; Zheng, Yiran; Krafft, Dorothee; Vidaković-Koch, Tanja; Zuschratter, Werner; Ivanov, Ivan; Sundmacher, Kai**

Scale up of transmembrane NADH oxidation in synthetic giant vesicles

Bioconjugate chemistry - Columbus, Ohio: American Chemical Society, Bd. 32 (2021), 5, S. 897-903;

[Imp.fact.: 4.774]

**Wu, Yixiao; Bissinger, Thomas; Genzel, Yvonne; Liu, Xuping; Reichl, Udo; Tan, Wen-Song**

High cell density perfusion process for high yield of influenza A virus production using MDCK suspension cells

Applied microbiology and biotechnology - Berlin: Springer, Bd. 105 (2021), 4, S. 1421-1434;

[Imp.fact.: 3.67]

**Wünsche, Steffi; Yuan, Lina; Seidel-Morgenstern, Andreas; Lorenz, Heike**

A contribution to the solid state forms of bis(demethoxy)curcumin - co-crystal screening and characterization

Molecules: a journal of synthetic chemistry and natural product chemistry - Basel: MDPI, Bd. 26 (2021), 3;

[Imp.fact.: 3.267]

**Xu, Jialing; Peng, Zhiyong; Rong, Siqi; Jin, Hui; Guo, Liejin; Zhang, Xiang; Zhou, Teng**  
Model-based thermodynamic analysis of supercritical water gasification of oil-containing wastewater  
Fuel: the science and technology of fuel and energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 306 (2021);  
[Imp.fact.: 6.609]

**Yang, Ao; Yang, Su; Shi, Tao; Ren, Jingzheng; Shen, Weifeng; Thou, Teng**  
Energy-efficient recovery of tetrahydrofuran and ethyl acetate by triple-column extractive distillation - entrainer design and process optimization  
Frontiers of chemical science and engineering - Heidelberg: Springer . - 2021;  
[Imp.fact.: 3.552]

**Zhang, Lanyue; Jiang, Zhaochen; Mellmann, Jochen; Weigler, Fabian; Herz, Fabian; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**  
Influence of the number of flights on the dilute phase ratio in flighted rotating drums by PTV measurements and DEM simulations  
Particuology - Amsterdam: Elsevier, Bd. 56 (2021), S. 171-182;  
[Imp.fact.: 3.067]

**Zhang, Xiang; Ding, Xuechong; Song, Zhen; Zhou, Teng; Sundmacher, Kai**  
Integrated ionic liquid and rate-based absorption process design for gas separation - global optimization using hybrid models  
AIChE journal/ American Institute of Chemical Engineers - Hoboken, NJ: Wiley, Bd. 68 (2021), 10, insges. 13 S.;  
[Imp.fact.: 3.993]

**Zhang, Xiang; Zhou, Teng; Sundmacher, Kai**  
Integrated metal-organic framework and pressure/vacuum swing adsorption process design - descriptor optimization  
AIChE journal/ American Institute of Chemical Engineers - Hoboken, NJ: Wiley, Bd. 68 (2021), 2, insges. 12 S.;  
[Imp.fact.: 3.993]

**Zhou, Teng; Gani, Rafiqul; Sundmacher, Kai**  
Hybrid data-driven and mechanistic modeling approaches for multiscale material and process design  
Engineering - Beijing: Engineering Sciences Press., Bd. 7 (2021), 9, S. 1231-1238;  
[Imp.fact.: 7.553]

**Zoun, Roman; Schallert, Kay; Broneske, David; Trifonova, Ivayla; Chen, Xiao; Heyer, Robert Steven; Benndorf, Dirk; Saake, Gunter**  
An investigation of alternatives to transform protein sequence databases to a columnar index schema  
Algorithms - Basel: MDPI, Bd. 14 (2021), 2, insges. 16 S.;  
[Imp.fact.: 0.48]

**Zuyev, Alexander; Benner, Peter; Seidel-Morgenstern, Andreas**  
On the orbital stability of periodic trajectories of a class of discontinuous systems  
Proceedings in applied mathematics and mechanics - Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH, Bd. 21 (2021), 1, insges. 2 S.;

## **NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze**

**Duill, Finn Felix; Schulz, Florian; Jain, Aman Kumar; Krieger, L.; Wachem, Berend; Beyrau, Frank**  
The impact of large mobile air purifiers on aerosol concentration in classrooms and the reduction of airborne transmission of SARS-CoV-2  
medRxiv - Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory . - 2021, insges. 42 S.;

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

### **Benner, Peter; Seidel-Morgenstern, Andreas; Zuyev, Alexander**

Analysis of switching strategies for the optimization of periodic chemical reactions with controlled flow-rate  
Perspectives in Dynamical Systems III - Cham: Springer; Awrejcewicz, Jan . - 2021, S. 59-69 - (Springer proceedings in mathematics & statistics; volume 364);

### **Butler, M.; Reichl, Udo**

Correction to: Animal Cell Expression Systems

Advances in Glycobiotechnology - Cham: Springer International Publishing; Rapp, Erdmann . - 2021, S. 459-461;

### **Du, Jiajie; Chen, Kaicheng; Bück, Andreas; Tsotsas, Evangelos**

Stochastic simulation of spray agglomeration process in a continuously operated horizontal fluidized bed by Monte Carlo method

Proceedings of the 13th International Conference on Fluidized Bed Technology: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 / hosted by the Fluidization Research Centre, UBC: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 - Vancouver: UBC, Fluidization Research Centre; Bi, Xiaotao - CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 . - 2021, S. 239-244

### **Janocha, Manuel; Tsotsas, Evangelos**

Analysis of drying parameter effects on porosity evolution during successive layer build-up from dried deposited droplets

Proceedings of the 13th International Conference on Fluidized Bed Technology: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 / hosted by the Fluidization Research Centre, UBC: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 - Vancouver: UBC, Fluidization Research Centre; Bi, Xiaotao - CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 . - 2021, S. 292-297

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

Stochastic simulation of spray fluidized bed agglomeration by modeling the morphology

Proceedings of the 13th International Conference on Fluidized Bed Technology: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 / hosted by the Fluidization Research Centre, UBC: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 - Vancouver: UBC, Fluidization Research Centre; Bi, Xiaotao - CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 . - 2021, S. 268-273

### **Strenzke, Gerd; Dürr, Robert; Bück, Andreas; Kienle, Achim; Tsotsas, Evangelos**

Experimental investigation of process behaviour of continuous fluidized bed spray agglomeration with internal classification

Proceedings of the 13th International Conference on Fluidized Bed Technology: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 / hosted by the Fluidization Research Centre, UBC/ International Conference on Fluidized Bed Technology - Vancouver, Canada: GLAB Reactor and Fluidization Technologies; Bi, Xiaotao - CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 . - 2021, S. 374-379

### **Vorhauer, Nicole; Mathew, P.; Gunasekaran, H.; Do, M.; Thalakkotoor, S.; Jayanand, V.; Dhanasekaran, P.; Hegde, C.; Kochupurakkal, B.; Broneske, David**

3D animation of single stage batch distillation for distance learning

EDULEARN21 - [Valencia, Spain]: IATED Academy; Gómez Chova, Luis . - 2021, S. 476-483;

### **Zhang, Rongyi; Hoffmann, Torsten; Tsotsas, Evangelos**

Novel technique for coating of fine particles using fluidized bed and aerosol atomizer

Proceedings of the 13th International Conference on Fluidized Bed Technology: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 / hosted by the Fluidization Research Centre, UBC: CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 - Vancouver: UBC, Fluidization Research Centre; Bi, Xiaotao - CFB-13, Vancouver, Canada, May 10-14, 2021 . - 2021, S. 605-610

### **Zille, Heiner; Evrard, Fabien; Reuter, Julia; Mostaghim, Sanaz; Wachem, Berend**

Assessment of multi-objective coevolutionary genetic programming for predicting the stokes flow around a sphere  
EUROGEN 2021 - ECCOMAS Proceedings; Gauger, Nicolas . - 2021, S. 171-190;

**Zille, Heiner; Mostaghim, Sanaz; Evrard, Fabien; Wachem, Berend**

Unit-aware multi-objective genetic programming for the prediction of the stokes flow around a sphere  
Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion/ Chicano - New York, NY, United States: Association for Computing Machinery; Chicano, Francisco . - 2021, S. 327-328;

**HERAUSGEBERSCHAFTEN**

**Rapp, Erdmann; Reichl, Udo**

Advances in glycobiochemistry  
Cham: Springer, 2021, viii, 461 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm - (Advances in biochemical engineering/biotechnology; 175)

**DISSERTATIONEN**

**Bechtel, Simon; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Development of a novel, energy efficient process for the gas-phase electrolysis of hydrogen chloride to chlorine  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (xviii, 239 Blätter, 5,93 MB), Illustrationen;

**Carneiro, Thiane; Seidel-Morgenstern, Andreas [AkademischeR BetreuerIn]**

Advances in enantioselective resolution applying preferential crystallization and enzymatic racemization  
Magdeburg, 2021, xiii, 142 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Helmerichs, Lena; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]; Uhlenhut, Frank [AkademischeR BetreuerIn]; Biernacki, Piotr [AkademischeR BetreuerIn]**

Flexibler Betrieb von Biogasanlagen zur Abdeckung der Residuallast  
Magdeburg, 2021, xxviii, 305 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Himmel, Andreas; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]; Sager, Sebastian [AkademischeR BetreuerIn]**

Optimization-based operation strategy and storage design for coupled processes  
Magdeburg, 2021, e-o, 220 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm

**Kohrs, Fabian; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Metaproteomanalyse methanogener Mikrobiome aus Anreicherungskulturen im Labormaßstab  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (IX, 123, A-J Seiten, 3,84 MB), Illustrationen;

**Laske, Tanja; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Mathematical models of influenza A virus infection - elucidating the impact of host cell factors and defective interfering particles on virus growth  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XVIII, 233 Seiten, 17,07 MB), Illustrationen, Diagramme;

**Otrin, Lado; Vidaković-Koch, Tanja [AkademischeR BetreuerIn]**

Bottom-up construction of the artificial mitochondrion  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (viii, 174, IX Seiten, 5,27 MB), Illustrationen;

**Pham, Son Thai; Kharaghani, Abdolreza [AkademischeR BetreuerIn]; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

DEM-based triangulation pore network model for particle aggregates - drying and capillary forces  
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (x, 185 Seiten, 7,49 MB), Illustrationen;

**Schack, Dominik; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Optimal process design across process hierarchies for the efficient utilization of renewable energy sources  
Magdeburg, 2021, xxiii, 163 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Singh, Abhinandan Kumar; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]**

Morphology based stochastic simulation of spray fluidized bed agglomeration  
Magdeburg, 2021, 169 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 21 cm

**Uebbing, Jennifer; Sager, Sebastian [AkademischeR BetreuerIn]; Sundmacher, Kai [AkademischeR BetreuerIn]**

Power-to-methane process synthesis via mixed integer nonlinear programming  
Magdeburg, 2021, XII, 167 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm

**Vázquez Ramírez, Daniel; Reichl, Udo [AkademischeR BetreuerIn]**

Process intensification for the production of MVA and influenza A virus in high density suspension cultures of AGE1.CR.pIX cells

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2021, 1 Online-Ressource (XIV, 136 Seiten, 7,58 MB), Illustrationen;