



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

# Forschungsbericht 2019

Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik

# 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  
Prof. Dr.-Ing. E. Specht

## 2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. F. Beyrau (Lehrstuhl für Technische Thermodynamik)  
Prof. Dr.-Ing. E. Specht (Lehrstuhl für Thermodynamik und Verbrennung)  
Prof. Dr.-Ing. D. Thévenin (Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik)  
Jun.-Prof. Dr. B. Fond (Experimentelle Thermofluidynamik)  
PD Dr.-Ing. habil. Gábor Janiga  
Prof. Dr.-Ing. (i. R.) J. Schmidt  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. (i. R.) H. J. Kecke

## 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 Thermodynamik und Verbrennung (Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht)

- 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.

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

- 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).

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

- Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Messung von Temperaturen und Geschwindigkeiten mit hoher Orts- und Zeitaufösung 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  
**Projektbearbeitung:** Dr. Christopher Abram  
**Kooperationen:** Princeton University  
**Förderer:** EU - HORIZONT 2020 - 01.02.2017 - 31.07.2019

### **PHOSPHOR - Synthesis of Novel Phosphor Sensor Particles for Advanced Flame Diagnostics**

#### **Synthese neuartiger Phosphor-Sensor-Partikel für die Verbrennungsdiagnostik**

Phosphore sind keramische Materialien, die nach Beleuchtung durch einen Laser Licht abstrahlen. Bei thermographischen Phosphoren hängen die Farbe und die Leuchtdauer der Emission von der Temperatur des Materials ab, sie können also messtechnisch als Temperatursensoren verwendet werden. Am Lehrstuhl für Technische Thermodynamik (LTT) der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg (Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau) werden feinste Phosphor-Partikel Gasen oder Flüssigkeiten zugemischt, um Temperatur- und Geschwindigkeitsfelder in Strömungen zu bestimmen, oder die Partikel werden zusammen mit einem Lack auf Oberflächen aufgebracht, um z.B. die Temperatur der Kolbenoberfläche in Verbrennungsmotoren messen zu können.

Die primäre Zielsetzung dieses Forschungsprojektes ist, den messbaren Temperaturbereich durch Synthese neuer, für die Strömungstemperaturerfassung optimierter Phosphore zu vergrößern. Dr. Christopher Abram vom LTT wird hierzu 18 Monate am Advanced Combustion and Propulsion Lab an der Princeton University in den Vereinigten Staaten, arbeiten. Dort werden innovative Synthesemethoden entwickelt, die die Herstellung von Phosphorpartikeln mit spezifischen physikalischen und optischen Eigenschaften ermöglichen. Dr. Abram wird

in Princeton lernen, Phosphore unter Verwendung dieser hochmodernen Verfahren herzustellen, und wird dann zurückkehren, um ein Labor zur Phosphorpartikelherstellung am LTT aufzubauen, wo die neuen Materialien hergestellt, charakterisiert und letztlich für praktische Anwendungen eingesetzt werden können. Das Projekt wird zu neuen Messmöglichkeiten für die angewandte- und Grundlagenforschung führen und so zur Verbesserung des Designs von Antrieben für die Automobil- und Raumfahrtindustrie beitragen. Dadurch werden Ressourcen geschont und die Umweltbelastung reduziert. Die neuartigen Materialien werden auch in Beleuchtungs- und Displaytechnologien und biologischen Sensoren Verwendung finden, wodurch sich auch neue Möglichkeiten zur zukünftigen Zusammenarbeit mit Princeton und anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie ergeben werden.

Das Projekt wird durch das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020 mit dem Marie Skodowska-Curie Zuwendungsvertrag Nr. 708068 gefördert.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Florian Schulz  
**Kooperationen:** Fraunhofer IFF, Magdeburg; ABO Wind AG; Stadtwerke Burg Energienetze mbH  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2017 - 31.12.2019

### **SmartMES - Intelligentes Multi-Energie-System**

Das Projekt Intelligentes Multi-Energiesystem (SmartMES) hat es sich zum Ziel gesetzt, die möglichen technischen und wirtschaftlichen Potentiale einer umfangreichen Sektorenkopplung zu heben. Im Rahmen des Gesamtprojektes erfolgt die Modellierung des Strom-, Gas-, Wärmenetzes durch die Kooperationspartner. Der Schwerpunkt des Lehrstuhls für Technische Thermodynamik liegt dabei in der Erforschung der notwendigen Netzkopplungstechnologien. Dazu zählt die Entwicklung von detaillierten und realitätsnahen Modellen von verfahrenstechnischen Anlagen, wie Wärmepumpen, Organic-Rankine-Cycle Anlagen oder Sorptionskältemaschinen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Jörg Sauerhering  
**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.-Ing. Frank Beyrau  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Florian Schulz  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.01.2019 - 31.12.2020

### **Partiell brenngasgespülten Vorkammerzündkerze**

Ein Ansatz zur Erhöhung des Wirkungsgrades und zur Reduzierung von NO<sub>x</sub>-Emissionen in Gasmotoren ist die Erhöhung des Verbrennungsluftverhältnisses. Allerdings steigt mit zunehmenden  $\lambda$ , die für die Entflammung notwendige Mindestzündenergie. Um das Kraftstoff/Luft-Gemisch dennoch zu entzünden, werden neue, leistungsstärkere Zündsysteme benötigt. Ein Ansatz ist die sog. Vorkammerzündkerze (VKZ). Hierbei wird in einem abgegrenzten Bereich ein zündfähiges Gemisch erzeugt und von einer konventionellen Zündkerze entzündet. Die dabei freiwerdende Energie dient der Zündung des Gemisches im gesamten Brennraum. Gleichzeitig weist die VKZ eine Geometrie auf, die es ermöglicht die Flammen der Vorentzündung über den gesamten Brennraum zu verteilen, so dass eine hohe Verbrennungsgeschwindigkeit erreicht wird.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Jörg Sauerhering  
**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. Frank Beyrau  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Florian Schulz  
**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.-Ing. Frank Beyrau  
**Kooperationen:** Institut für Technische Verbrennung (ITV), Universität Stuttgart  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2017 - 30.06.2020

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

Die Sprayflammsynthese 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. Innerhalb des SPP 1980 sollen Gesamtmodelle entwickelt werden, die ein fundamentales Verständnis des Prozesses erlauben. Das hier beantragte Teilprojekt soll folgenden Aspekte zum Gesamterfolg beitragen:- Es soll ein stochastischer Ansatz entwickelt werden, der in der Lage ist, Wechselwirkungen zwischen Flammenchemie, Prekursoren und Turbulenz unter der Berücksichtigung der stark variierenden chemischen Zeitskalen abbilden zu können. Eine Modellierung muss die Wechselwirkungen zwischen Partikeln, Trägergas und Turbulenz lokal und instantan abbilden können.- Mit Hilfe verschiedener Lasermessverfahren sollen die Randbedingungen für die genannten Simulationen experimentell ermittelt werden. So sollen die Größen und Geschwindigkeiten der Prekursor-Lösungsmittel-Tropfen nach der Zerstäubung, sowie das Strömungsfeld im SPP-Standardbrenner gemessen werden. - Die experimentelle Validierung der Simulationen soll unter anderem durch etablierte Messverfahren geschehen.- Ein zentraler Aspekt in diesem Antrag ist Entwicklung einer Methodik zur Validierung von Mechanismen zu Partikelbildung, -wachstum und -agglomeration durch die Kombinationen von laserbasierten, bildgebenden Messmethoden mit detaillierten numerischen Simulationen. In Mehrphasensystemen sind solche Methoden allein bislang nur bedingt einsetzbar, da die Signale häufig aufgrund von Quereinflüssen keine eindeutige Bestimmung von physikalischen Größen erlauben. Hier sollen deshalb die Leistungsfähigkeit der angesprochenen Kombination aus bildgebender Diagnostik und numerischen Simulationen verbessert, und auf das Gebiet der Partikeldiagnostik erweitert werden. Um trotz der vorhandenen Mehrdeutigkeiten eine sinnvolle Validierung von Modellen zu erzielen, werden bei dieser Methode synthetische Signale aus den numerischen Simulationen gewonnen, die anschließend mit den tatsächlichen, aufgezeichneten experimentellen Signalen verglichen werden können.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Projektbearbeitung:** Jun.-Prof. Dr. Benoit Fond  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.11.2018 - 31.10.2020

### **Dreidimensional Temperatur- und Geschwindigkeitsmessung 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.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.05.2018 - 31.10.2020

### **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. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.02.2017 - 31.01.2020

### **Interaktion von Axialtransport, Wärmeeintrag und Reaktion in Drehrohren**

Drehrohröfen sind gekennzeichnet durch ihre Rotation um die Rohrachse sowie die Neigung zur Horizontalen, wodurch ein kontinuierlicher axialer Schüttguttransport ermöglicht wird. Während sich der axiale Transport und die damit einhergehenden transversalen Bewegungsmuster der Schüttung in Drehrohren mit makroskopischen Modellen beschreiben lassen, ist der Wärmetransport in einem solchen System nur ansatzweise bekannt. Insbesondere die Auswirkungen der Transversalbewegung auf den axialen Schüttguttransport und den Wärmeeintrag in das Schüttbett sind bisher nicht erforscht. Ziel des Projektes ist es, die Basis für makroskopische Modelle, die das thermische Verhalten während des Axialtransportes eines polydispersen Schüttguts beschreiben können, zu schaffen und um chemische

Reaktion zu erweitern. Hierzu wird eine partikelbasierende Simulationsmethodik (DEM), die fortlaufend durch Experimente überprüft wird, eingesetzt, um den Einfluss des Axialtransportes auf den Wärmeeintrag und das Reaktionsverhalten von Schüttgütern zu untersuchen.

Nach Projektende werden verbesserte mathematische Modelle und Berechnungsvorschriften zur Verfügung stehen, mit denen Hersteller von Drehrohren und Engineering Firmen das thermische Verhalten in der Schüttung während des Axialtransportes in Drehrohren bestimmen können. Diese Modelle werden den Einfluss der Dimensionierungs- und Betriebsparameter sowie der Schüttguteigenschaften (mechanisch und thermophysikalisch) berücksichtigen. Der konkrete

Nutzen der Modelle ist vielfältig. Besser gesicherte Transportmodelle reduzieren Zeit und Kosten für aufwändige Vorversuche bei der Produktentwicklung, tragen dazu bei Sicherheitszuschläge zu minimieren, verbessern die Produktqualität bzw. senken mögliche Ausschussmengen durch optimierte Einhaltung von Partikel-Zeitverläufen. Dies führt zu verminderten Investitions- und Betriebskosten sowie gesteigerten Erträgen.



**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 - 01.05.2017 - 31.12.2019

### **Einfluss der Art des Festbrennstoffes und der Prozessbedingungen von Kalk in mischgefeuerten Normalschachtföfen**

Auf Basis der Kenntnis der Temperaturverläufe und der Zersetzungsverläufe der verschiedenen großen Steine kann die Qualität des Kalkes gezielter beeinflusst werden. So wird der Rest-CO<sub>2</sub>-Gehalt, der vornehmlich die großen Steine betrifft, über die Betriebsbedingungen, wie Durchsatz, Energieeinsatz und Luftmenge einstellbar werden. Es wird auch abschätzbar sein, in wie weit ein höherer Aufwand bei der Klassierung der Steine vor dem Ofeneinsatz die Brennqualität verbessert, eventuell den Energieverbrauch reduziert und die Produktivität über einen erhöhten Durchsatz steigert. Die Vorhersage über die Brennbedingungen von Kalksteinen unterschiedlicher Herkunft wird erheblich vereinfacht. Über standardisierte Laboruntersuchungen lassen sich die den Zersetzungsverlauf bestimmenden Stoffwerte (Wärmeleitfähigkeit, Porendiffusionskoeffizient, Reaktionskoeffizient) relativ schnell ermitteln. Mit diesen Stoffwerten kann dann das Zersetzungsverhalten und die Reaktivität des Branntkalkes über die Zersetzungstemperaturen vorbestimmt werden. Die Anpassung des Kalzinierungsvorganges und des überbrennen des Kalksteines bzw. des Kalkes kann somit auf unterschiedliche Brennstoffe mittels Berechnung in bestehenden Öfen angepasst werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Eckehard Specht  
**Förderer:** BMWi/AIF - 01.04.2017 - 31.12.2019

### **Neues Tunnelofenkonzept zum energieeffizienten Brennen von Ziegeln**

Drehrohröfen sind gekennzeichnet durch ihre Rotation um die Rohrachse sowie die Neigung zur Horizontalen, wodurch ein kontinuierlicher axialer Schüttguttransport ermöglicht wird. Während sich der axiale Transport und die damit einhergehenden transversalen Bewegungsmuster der Schüttung in Drehrohren mit makroskopischen Modellen beschreiben lassen, ist der Wärmetransport in einem solchen System nur ansatzweise bekannt. Insbesondere die Auswirkungen der Transversalbewegung auf den axialen Schüttguttransport und den Wärmeeintrag in das Schüttbett sind bisher nicht erforscht. Ziel des Projektes ist es, die Basis für makroskopische Modelle, die das thermische Verhalten während des Axialtransportes eines polydispersen Schüttguts beschreiben können, zu schaffen und um chemische Reaktion zu erweitern. Hierzu wird eine partikelbasierende Simulationsmethodik (DEM), die fortlaufend durch Experimente überprüft wird, eingesetzt, um den Einfluss des Axialtransportes auf den Wärmeeintrag und das Reaktionsverhalten von Schüttgütern zu untersuchen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Matthias Kraume, FG Verfahrenstechnik, TU Berlin  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2014 - 31.12.2021

### **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  
**Förderer:** Industrie - 01.05.2016 - 30.04.2019

### **Simulationsbasierte Optimierung einer Kraftstoff einspritzdüse**

Vorrangiges Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, einen effizienten und zielführenden Simulationsprozess auf Basis der CFD-O (Computational Fluid Dynamics for Optimization: ein Ansatz, der am Lehrstuhl entwickelt wurde) zu entwickeln, mit dem eine optimale Auslegung einer Düsengeometrie für die Kraftstoff einspritzung erzielt werden kann.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Projektbearbeitung:** Dipl.-Ing. Christoph Roloff  
**Kooperationen:** Prof. Jürgen Tomas, Lehrstuhl Mechanische Verfahrenstechnik, Otto-von-Guericke-Universität  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 30.06.2017 - 30.06.2019

### **Modellierung und dynamische Simulation mehrstufiger Partikel-Querstromtrennungen in einem turbulenten Fluidstrom**

Die experimentelle Untersuchung, Modellierung, dynamische Simulation und Bewertung mehrstufiger Partikel-Querstromtrennungen in einem turbulenten Fluidstrom wurde gezielt für das Schwerpunktprogramm "DynSim" ausgewählt, weil dieser typische Trennprozess für die Abtrennung einer großen Zahl von Rohstoffen, Abfällen, Zwischen- und Nebenprodukten in vielen Branchen der stoffwandelnden Wirtschaft eingesetzt wird. Trotz seiner nachweislich guten Prozessleistungen ist damit immer noch eine Reihe ungelöster verfahrenstechnischer Problemstellungen verbunden, wie z.B. fluktuierende Luftströmung und Partikelbeladungen im Trennraum, ausgeprägte stochastische Prozessdynamik sowie resultierende mangelhafte Prozessgüte (Trennschärfe) und Produktqualität (Reinheit). Die nachhaltige Lösung dieser Probleme erfordert die Bereitstellung physikalisch begründeter, multiskaliger und zur Vorhersage geeigneter Modelle für die Bewertung und Simulation der Prozessdynamik vernetzter stochastischer Querstrom-Trennungen, die sich künftig bequem in Fließschema-Simulationen der Feststoffverfahrenstechnik einbinden lassen. Im Einzelnen werden zeitlich und örtlich aufgelöste, analytische und numerische Modelle für die Prozesskinetik und das vernetzte dynamische Querstrom-Trennverhalten der Partikel hinsichtlich ihrer Trennmerkmale Korngröße, -dichte und -form entwickelt. Parallel dazu werden effiziente numerische Simulationen des turbulenten Strömungsfeldes innerhalb des Trennapparates durchgeführt. Stationäre sowie instationäre, Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Gleichungen werden mit den Bewegungsgesetzen der Partikeltranslation und -rotation dank der Diskreten-Elemente-Methode, gekoppelt. Damit werden die Partikel-Bewegungsbahnen in der echten Geometrie der abgelenkten Kanalelemente berechnet. Nach ersten, einseitig gekoppelten Simulationen mit einfachen Wandmodellen werden realistischere Simulationen unter Berücksichtigung physikalischer Partikel-Wand- und Partikel-Partikel-Kollisionen durchgeführt. Die quantitative Validierung der eingesetzten Modelle erfolgt über zeitlich und dreidimensional örtlich aufgelöste Messungen im Trennapparat auf Basis der Particle Tracking Velocimetry. Bei Bedarf können für die Modellüberprüfung Direkte Numerische Simulationen der Zweiphasenströmung auf Mikro-Ebene eingesetzt werden. Die verfahren-

technische und energetische Prozessgüte (Trennschärfe, spezifischer Energieeintrag) und Produktqualität der Trennversuche und numerischen Experimente werden modellgestützt bewertet und optimiert. Dem folgen in der zweiten Förderperiode die Berechnung und Bewertung dynamischer Veränderungen der Prozessgüte und Produktqualität bei sprunghaftigen und harmonischen Schwankungen des Aufgabestromes, der Beladungen und der Trennmerkmale Korngröße, -dichte und -form. Abschließend werden in der dritten SPP-Phase diese Bewertungs- und Simulationsmodelle in ein multiskaliges, modular aufgebautes Prozess-Systemmodell eingebettet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Kooperationen:** Prof. Einar Kruis, Univ. Duisburg-Essen; Prof. Hartmut Wiggers, Univ. Duisburg-Essen  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.08.2017 - 31.07.2020

### **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:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Cheng Chi  
**Kooperationen:** Prof. Frank Beyrau, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik; Prof. Dirk Bartel, IKAM; Prof. Hermann Rottengruber, Inst. für mobile Systeme  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.09.2018 - 30.04.2020

### **Direkte numerische Simulation der Zündung in Gasmotoren**

Bei Gasmotoren ist die Zündfähigkeit der lokalen Gasmischung eine große Herausforderung. Im vorliegenden Projekt wird diese anhand Direkter Numerischer Simulation (DNS) mit detaillierten Reaktionsmechanismen untersucht.

---

**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 - 30.09.2021

### **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 Fluidodynamik 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. 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. 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  
**Förderer:** Industrie - 01.04.2019 - 30.06.2021

### **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 Förderhöheneinbruchs 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 Rechenverfahren 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- Kreiselpumpen 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 Kreiselpumpen und zu erheblichen Energieeinsparungen.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Amir Eshghinejadfard  
**Kooperationen:** Prof. Andreas Seidel-Morgenstern, MPI Magdeburg; Prof. Heike Lorenz, MPI Magdeburg  
**Förderer:** EU - EFRE Sachsen-Anhalt - 01.10.2016 - 30.09.2019

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

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 Fluidodynamik 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  
**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt) - 01.09.2015 - 31.12.2019

### **Direkte Numerische Simulation turbulenter Strömungen mit chemischen Reaktionen**

In diesem Projekt wird das eigene Computerprogramm DINO, mit dem die Direkte Numerische Simulation (DNS) turbulenter Strömungen mit chemischen Reaktionen möglich ist, mit der Immersed Boundary Methode (IBM) hoher Ordnung gekoppelt, um damit Simulationen in Konfigurationen mit komplexer Geometrie zu ermöglichen. Damit können eine Vielzahl relevanter Anwendungen der Energie- und Prozesstechnik mit unschlagbarer Genauigkeit untersucht werden.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Projektbearbeitung:** Dr.-Ing. Thomas Hagemeier  
**Förderer:** Industrie - 01.05.2019 - 31.12.2019

### **Optimierung einer Toilettenspülung**

Im Rahmen dieses Projekts müssen verschiedene technische Richtlinien, welche entweder den Spülvorgang oder aber den Schutz des Trinkwassers zum Inhalt haben, beachtet werden. Die entsprechenden Normen, insbesondere die EN1717, führen zu einem sehr komplexen Lösungsansatz zum Schutz des Trinkwassers. Dieser Ansatz wurde jedoch nicht technisch entwickelt und in das innovative Spülkonzept integriert. Allerdings ist dies eine wesentliche Voraussetzung für eine nachfolgende Produktentwicklung und kommerzielle Nutzung. Damit ist das wichtigste Entwicklungsziel dieses Projekts die technische Entwicklung einer Rückflusssicherung im Sinne der EN1717, die einen zuverlässigen Schutz des Trinkwassers bietet.

---

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dominique Thévenin  
**Projektbearbeitung:** M.Sc. Seyed Ali Hosseini  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2014 - 31.03.2020

### **Lattice-Boltzmann Simulationen partikelbeladener Strömungen**

Für eine korrekte Beschreibung des makroskopischen Verhaltens von Agglomeraten in Fluiden muss die Partikelumströmung akkurat berücksichtigt werden. Dabei muss sowohl die von einem äußeren Kraftfeld erzwungene, gerichtete Partikelbewegung (verantwortlich für, z. B., Sedimentation und Trennung), sowie die chaotische Partikelbewegung wegen turbulenter Schwankungen in entsprechenden Lattice-Boltzmann (LB) Simulationen beschrieben werden. Die Rückwirkung der Partikel auf die Entwicklung der turbulenten

Strömungsstrukturen ist ebenfalls für das Verhalten des Gesamtsystems von essentieller Bedeutung. Sowohl die lokalen Turbulenzeigenschaften wie auch das makroskopische Verhalten der Strömung können durch Veränderungen in der Grenzschicht unter Zugabe von Kleinstmengen an Partikeln wesentlich verändert werden, wenn diese besondere morphologische Eigenschaften aufweisen. Daher soll ebenfalls mittels LB und Experimente untersucht werden, wie nicht-sphärische Partikel die Entwicklung turbulenter Strukturen beeinflussen können.

---

**Projektleitung:** Jun.-Prof. Dr. Benoit Fond  
**Projektbearbeitung:** Prof. Dr.-Ing. Frank Beyrau  
**Förderer:** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.10.2019 - 01.10.2021

### **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:** 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 Wrocław 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 Quenchingsraten werden gemessen und mit theoretischen Modellen aus Wrocław verglichen.

Diese Raten werden auch für eine Serie von Dotierstoffkonzentrationen (Übergangsmetall und Lanthanoid), Leistungsdichte der Anregung und Temperaturen gemessen, um den Einfluss der einzelnen Parameter auf den Sensibilisierungsprozess zu bestimmen. Das vorgeschlagene Projekt kombiniert die Expertise der Gruppe aus Wrocław 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:** 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. Philipp Berg  
**Förderer:** Bund - 01.01.2015 - 31.12.2019

### **Forschungscampus STIMULATE / Forschungsgruppe Häodynamik/Tools**

Forschungsgegenstand der Forschungsgruppe Häodynamik Tools im Rahmen des Forschungscampus *STIMULATE* ist die Entwicklung von neuen Instrumenten und Implantaten für neurovaskuläre Anwendungen. Dazu wird das Blutflussverhalten bei Einsatz verschiedener, existierender Stent-Implantate für die Behandlung zerebraler Aneurysmen untersucht. Basierend auf patientenspezifischen Aneurysmageometrien und -eigenschaften soll der Einfluss verschiedener Stent-Konfigurationen (Typ und Position) auf das Blutflussverhalten mittels CFD-Simulationen prognostiziert werden. Ziel ist es dabei, die individualisierte Stent-Konfiguration für die aktuelle Gefäßgeometrie zu ermitteln. Dabei wird der instabile und eingebettete Blutfluss intensiv untersucht und ausgewertet, da die Flusseigenschaften bei vielen neurovaskulären Erkrankungen eine entscheidende Rolle spielen könnten. Dies ist auch die Basis für die Entwicklung neuartiger Stent-Implantate. Zusätzlich werden für die Platzierung und Sondierung von Aneurysmen endovaskuläre Katheter auf Basis dünnwandiger hochflexibler Schläuche entwickelt.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Philipp Berg  
**Förderer:** Industrie - 01.10.2017 - 30.09.2019

### **Bewertung eines klinischen Prototypen für die individualisierte Blutflussvorhersage in intrakraniellen Aneurysmen**

Damit die Vorhersage des individuellen Blutflusses eines Aneurysmapatienten bzw. einer Aneurysmapatientin auch klinisch angewendet werden kann, wird ein strömungsmechanischer Prototyp auf seine Plausibilität bewertet. Hierbei wird besonderer Fokus auf die Therapieunterstützung gelegt.

---

**Projektleitung:** PD Dr. 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 - 30.11.2021

### **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. Jörg Sauerhering  
**Förderer:** Industrie - 15.08.2018 - 31.03.2020

### **Entwicklung neuer Technologien, Anlagenkomponenten und Logistik zu einer energieeffizienten Fertigung in Leichtmetallgießereien - ETAL**

Energetische Optimierung von Tiegeln für Leichtmetallschmelzen  
Das Ziel des Projektes ist ein auf Gasbeheizung hin optimierter Tiegel für Leichtmetallschmelzen. Hierzu sind die in Frage kommenden Tiegelwerkstoffe detailliert thermophysikalisch zu untersuchen und es ist ein möglichst

geeignetet Werkstoff zu identifizieren. Zudem ist der Wärmebedarf für die gasbetriebenen Warmhaltetiegel zu berechnen, worauf basierend die notwendige Gasmenge und das resultierende Warmluftvolumen in Abhängigkeit zur eingesetzten Brennertechnologie als Grundlage für die Festlegung der Größe des Brenners und der Flächen des Luftvorwärmers dienen.

Weiterhin ist im Rahmen des Projektes eine detaillierte 3D-FEM Strömungsberechnung im Luftraum des Warmhaltetiegels auf Grundlage der ermittelten Warmluftvolumenströme durchzuführen, mittels welcher die Luftverteilung und der Wärmeübergänge Warmluft/Tiegel abzuschätzen sind.

---

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Katharina Zähringer  
**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 Blasenketten, 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.

---

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

## 8. VERÖFFENTLICHUNGEN

### BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

**Abbaszadeh, Shokoofeh; Hoerner, Stefan; Maitre, Thierry; Leidhold, Roberto**

Experimental investigation of an optimized pitch control for a Vertical Axis Turbine  
IET Renewable power generation - London: IET, 2019;  
[Online first]

**Abdelsamie, Abouelmagd; Thévenin, Dominique**

On the behavior of spray combustion in a turbulent spatially-evolving jet investigated by direct numerical simulation  
Proceedings of the Combustion Institute - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 37.2019, 3, S. 3373-3382;  
[Imp.fact.: 3.299]

**Berg, Philipp; Saalfeld, Sylvia; Voß, Samuel; Beuing, Oliver; Janiga, Gábor**

A review on the reliability of hemodynamic modeling in intracranial aneurysms - why computational fluid dynamics alone cannot solve the equation  
Neurosurgical focus - Charlottesville, Va.: American Assoc. of Neurological Surgeons, Volume 47.2019, 1, Article E15, insgesamt 9 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.891]

**Berg, Philipp; Voß, Samuel; Janiga, Gábor; Saalfeld, Sylvia; Bergersen, Aslak W.; Valen-Sendstad, Kristian; Bruening, Jan; Goubergrits, Leonid; Spuler, Andreas; Chiu, Tin Lok; Tsang, Anderson Chun On; Copelli, Gabriele; Csippa, Benjamin; Paál, György; Závodszy, Gábor; Detmer, Felicitas J.; Chung, Bong J.; Cebra, Juan R.; Fujimura, Soichiro; Takao, Hiroyuki; Karmonik, Christof; Elias, Saba; Cancelliere, Nicole M.; Najafi, Mehdi; Steinman, David A.; Pereira, Vitor M.; Piskin, Senol; Finol, Ender A.; Pravdivtseva, Mariya; Velvaluri, Prasanth; Rajabzadeh-Oghaz, Hamidreza; Paliwal, Nikhil; Meng, Hui; Seshadhri, Santhosh; Venguru, Sreenivas; Shojima, Masaaki; Sindeev, Sergey; Frolov, Sergey; Qian, Yi; Wu, Yu-An; Carlson, Kent D.; Kallmes, David F.; Dragomir-Daescu, Dan; Beuing, Oliver**

Multiple Aneurysms AnaTomy CHallenge 2018 (MATCH)-phase II - rupture risk assessment  
International journal of computer assisted radiology and surgery - Berlin: Springer, Bd. 14.2019, 10, S. 1795-1804;  
[Imp.fact.: 2.155]

**Borchardt, Norman; Kasper, Roland; Sauerhering, Jörg; Heinemann, Wolfgang; Foster, Kimberly L.**

Multilayer air gap winding designs for electric machines - theory, design, and characterisation  
The Journal of Engineering - Stevenage: IET Digital Library, Bd. 2019.2019, 17, S. 3855-3861;

**Chi, Cheng; Janiga, Gabor; Zähringer, Katharina; Thévenin, Dominique**

DNS study of the optimal heat release rate marker in premixed methane flames  
Proceedings of the Combustion Institute - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 37.2019, 2, S. 2363-2371;  
[Imp.fact.: 3.299]

**Eshghinejadfard, Amir; Hosseini, Seyed Ali; Thévenin, Dominique**

Effect of particle density in turbulent channel flows with resolved oblate spheroids  
Computers & fluids - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 184.2019, S. 29-39;  
[Imp.fact.: 2.223]

**Fond, Benoit; Abram, Christopher; Pougin, M.; Beyrau, Frank**

Characterisation of dispersed phosphor particles for quantitative photoluminescence measurements  
Optical materials : an international journal on the physics and chemistry of optical materials and their applications, including devices - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 89.2019, S. 615-622  
[Imp.fact.: 2.687]

**Fond, Benoit; Abram, Christopher; Pougin, Miriam; Beyrau, Frank**

Investigation of the tin-doped phosphor  $(\text{Sr,Mg})_3(\text{PO}_4)_2:\text{Sn}^{2+}$  for fluid temperature measurements  
Optical materials express - Washington, DC: OSA, Bd. 9.2019, 2, S. 802;  
[Imp.fact.: 2.566]

**Gaidzik, Franziska; Stucht, Daniel; Roloff, Christoph; Speck, Oliver; Thévenin, Dominique; Janiga, Gábor**

Transient flow prediction in an idealized aneurysm geometry using data assimilation  
Computers in biology and medicine - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 115 (2019), article 103507;  
[Imp.fact.: 2.286]

**Goubergrits, Leonid; Hellmeier, Florian; Bruening, Jan; Spuler, Andreas; Hege, Hans-Christian; Voß, Samuel; Janiga, Gábor; Saalfeld, Sylvia; Beuing, Oliver; Berg, Philipp**

Multiple Aneurysms AnaTomy CHallenge 2018 (MATCH) - uncertainty quantification of geometric rupture risk parameters  
Biomedical engineering online - London: BioMed Central, Vol. 18.2019, Art. 35, insgesamt 16 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.013]

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

Characteristics of the fluid-structure interaction within Darrieus water turbines with highly flexible blades  
Journal of fluids and structures - Orlando, Fla.: Elsevier, Bd. 88.2019, S. 13-30;  
[Imp.fact.: 3.07]

**Hoerner, Stefan; Bonamy, Cyrille**

Structured-light-based surface measuring for application in fluid-structure interaction  
Experiments in fluids - Berlin: Springer, Volume 60, issue 11 (2019), article 168, insgesamt 15 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.443]

**Hosseini, Seyed Ali; Coreixas, C.; Darabiha, N.; Thévenin, Dominique**

Stability of the lattice kinetic scheme and choice of the free relaxation parameter  
Physical review - Woodbury, NY: Inst., Volume 99, issue 6 (2019), article 063305, insgesamt 14 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.353]

**Hosseini, Seyed Ali; Darabiha, N.; Thévenin, Dominique**

Lattice Boltzmann advection-diffusion model for conjugate heat transfer in heterogeneous media  
International journal of heat and mass transfer - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 132.2019, S. 906-919;  
[Imp.fact.: 4.346]

**Hosseini, Seyed Ali; Darabiha, N.; Thévenin, Dominique**

Theoretical and numerical analysis of the lattice kinetic scheme for complex-flow simulations  
Physical review - Woodbury, NY: Inst., Volume 99, issue 2 (2019), article 023305, insgesamt 14 Seiten;  
[Imp.fact.: 2.353]

**Hosseini, Seyed Ali; Safari, Hesam; Darabiha, Nasser; Thévenin, Dominique; Krafczyk, Manfred**

Hybrid Lattice Boltzmann-finite difference model for low mach number combustion simulation  
Combustion and flame - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 209.2019, S. 394-404;  
[Imp.fact.: 4.12]

**Janiga, Gabor**

Quantitative assessment of 4D hemodynamics in cerebral aneurysms using proper orthogonal decomposition  
Journal of biomechanics - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 82.2019, S. 80-86;  
[Imp.fact.: 2.576]

**Janiga, Gábor**

Large-eddy simulation and 3D proper orthogonal decomposition of the hydrodynamics in a stirred tank  
Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 201.2019, S. 132-144;  
[Imp.fact.: 3.372]

**Janiga, Gábor**

Novel feature-based visualization of the unsteady blood flow in intracranial aneurysms with the help of proper orthogonal decomposition (POD)  
Computerized medical imaging and graphics - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 73.2019, S. 30-38;  
[Imp.fact.: 3.298]

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

Helically coiled segmented flow tubular reactor for the hydroformylation of long-chain olefins in a thermomorphic multiphase system  
The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, Volume 377 (2019), article 120060;  
[Imp.fact.: 8.355]

**Kalmar, Marco; Hoffmann, Thomas; Sauerhering, Jörg; Klink, Fabian**

Manufacturing process for hydrogel vessel phantoms  
Current directions in biomedical engineering - Berlin: De Gruyter, Bd. 5.2019, 1, S. 537-540;

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

The effect of the presence of very cohesive Geldart C ultra-fine particles on the fluidization of Geldart A fine particle beds  
Processes - Basel: MDPI, Volume 7, issue 1 (2019), article 35, insgesamt 28 Seiten;  
[Imp.fact.: 1.963]

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

The effect of very cohesive ultra-fine particles in mixtures on compression, consolidation, and fluidization  
Processes - Basel: MDPI, Volume 7, issue 7 (2019), article 439, insgesamt 20 Seiten;  
[Imp.fact.: 1.963]

**Karali, Mohamed A.; Specht, Eckehard; Mellmann, Jochen; Refaey, H. A.; Salem, M. R.; Elbanhawy, A. Y.**

Granular transport through flighted rotary drums operated at optimum-loading - mathematical model  
Drying technology - Philadelphia, Pa.: Taylor & Francis, 2019;  
[Online first]  
[Imp.fact.: 2.307]

**Kerikous, Emeel; Thévenin, Dominique**

Optimal shape and position of a thick deflector plate in front of a hydraulic Savonius turbine  
Energy - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Volume 189 (2019), article 116157;  
[Imp.fact.: 5.537]

**Kerikous, Emeel; Thévenin, Dominique**

Optimal shape of thick blades for a hydraulic Savonius turbine  
Renewable energy - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 134.2019, S. 629-638;  
[Imp.fact.: 5.439]

**Khot, Prafull; Mansour, Michael; Thévenin, Dominique; Nigam, Krishna D. P.; Zähringer, Katharina**

Improving the mixing characteristics of coiled configurations by early flow inversion  
Chemical engineering research and design - Amsterdam: Elsevier, Bd. 146.2019, S. 324-335;  
[Imp.fact.: 3.073]

**Lichtenberg, Nils; Kinzel, Philipp; Parks, Nicole A.; Thévenin, Dominique; Urlau, Ulrich**

Experimental and numerical investigations of a twin belt caster on the ground of a water model and simulations  
Journal of chemical technology and metallurgy - Sofia: University of Chemical Technology and Metallurgy, Bd. 54.2019, 2, S. 326-338

**Mansour, Michael; Khot, Prafull; Kováts, Péter; Thévenin, Dominique; Zähringer, Katharina; Janiga, Gábor**

Impact of computational domain discretization and gradient limiters on CFD results concerning liquid mixing in a helical pipe

The chemical engineering journal - Amsterdam: Elsevier, 2019, article 123121;

[Online first]

[Imp.fact.: 8.355]

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

Generally-valid optimal Reynolds and Dean numbers for efficient liquid-liquid mixing in helical pipes

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 201.2019, S. 382-385;

[Imp.fact.: 3.372]

**Mendieta, Aldo; Fond, Benoit; Dragomirov, Plamen; Beyrau, Frank**

A delayed gating approach for interference-free ratio-based phosphor thermometry

Measurement science and technology : devoted to the theory, practice and application of measurement in physics, chemistry, engineering and the environmental and life sciences from inception to commercial exploitation - Bristol : IOP Publ. - Volume 30, issue 7, (2019), article 074002, insgesamt 10 Seiten

[Imp.fact.: 1.861]

**Meuschke, Monique; Gunther, Tobias; Berg, Philipp; Wickenhofer, Ralph; Preim, Bernhard; Lawonn, Kai**

Visual analysis of aneurysm data using statistical graphics

IEEE transactions on visualization and computer graphics - New York, NY: IEEE, Bd. 25.2019, 1, S. 997-1007;

[Imp.fact.: 3.78]

**Mohammadpour, Kamyar; Alkhalaf, Ali; Specht, Eckehard**

CFD simulation of cross-flow mixing in a packed bed using porous media model and experimental validation

Computational particle mechanics - Berlin: Springer, Bd. 6.2019, 2, S. 157-162;

[Imp.fact.: 1.566]

**Oeltze-Jafra, Steffen; Meuschke, Monique; Neugebauer, M.; Saalfeld, Sylvia; Lawonn, K.; Janiga, Gábor; Hege, H.-C.; Zachow, S.; Preim, Bernhard**

Generation and visual exploration of medical flow data - survey, research trends and future challenges

Computer graphics forum - Oxford: Wiley-Blackwell, Bd. 38.2019, 1, S. 87-125;

[Imp.fact.: 2.046]

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

Particle dynamics investigation by means of shadow imaging inside an air separator

Chemical engineering science - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 195.2019, S. 312-324;

[Imp.fact.: 3.372]

**Roloff, Christoph; Stucht, Daniel; Beuing, Oliver; Berg, Philipp**

Comparison of intracranial aneurysm flow quantification techniques - standard PIV vs stereoscopic PIV vs tomographic PIV vs phase-contrast MRI vs CFD

Journal of neuroInterventional surgery - London: BMJ Journals, Bd. 11.2019, 3, S. 275-282;

[Imp.fact.: 3.526]

**Saalfeld, Sylvia; Voß, Samuel; Beuing, Oliver; Preim, Bernhard; Berg, Philipp**

Flow-splitting-based computation of outlet boundary conditions for improved cerebrovascular simulation in multiple intracranial aneurysms

International journal of computer assisted radiology and surgery - Berlin: Springer, Bd. 14.2019, 10, S. 1805-1813;

[Imp.fact.: 2.155]

**Sarker, D.; Ding, W.; Franz, R.; Varlamova, O.; Kovats, Peter; Zähringer, Katharina; Hampel, U.**

Investigations on the effects of heater surface characteristics on the bubble waiting period during nucleate boiling at low subcooling

Experimental thermal and fluid science - New York, NY: Elsevier, Bd. 101.2019, S. 76-86;

[Imp.fact.: 3.493]

**Schulz, Florian; Beyrau, Frank**

The effect of operating parameters on the formation of fuel wall films as a basis for the reduction of engine particulate emissions

Fuel: the science and technology of fuel and energy - New York, NY [u.a.]: Elsevier, Bd. 238.2019, S. 375-384; [Imp.fact.: 4.908]

**Sindeev, Sergey; Kirschke, Jan Stephan; Prothmann, Sascha; Frolov, Sergey; Liepsch, Dieter; Berg, Philipp; Zimmer, Claus; Friedrich, Benjamin**

Evaluation of flow changes after telescopic stenting of a giant fusiform aneurysm of the vertebrobasilar junction  
Biomedical engineering online - London: BioMed Central, Volume 18 (2019), article number 82, insgesamt 15 Seiten;

[Imp.fact.: 2.013]

**Theile, Martin; Reißig, Martin; Hassel, Egon; Thévenin, Dominique; Hofer, Martin; Michels, Karsten**

Numerical analysis of the influence of early fuel injection on charge motion in a direct injection spark ignition engine using scale-resolving simulations

International journal of engine research - London: Sage Publ., 2019;

[Online first]

[Imp.fact.: 2.272]

**Voß, Samuel; Beuing, Oliver; Janiga, Gábor; Berg, Philipp**

Multiple Aneurysms AnaTomy CHallenge 2018 (MATCH)Phase Ib - effect of morphology on hemodynamics  
PLOS ONE - San Francisco, California, US: PLOS, Bd. 14.2019, 5, Art.-Nr. e0216813, insges. 16 S.;

[Imp.fact.: 2.776]

**Voß, Samuel; Beuing, Oliver; Janiga, Gábor; Berg, Philipp**

Stent-induced vessel deformation after intracranial aneurysm treatment - a hemodynamic pilot study

Computers in biology and medicine - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 111.2019, Art.-Nr. 103338;

[Imp.fact.: 2.286]

**Voß, Samuel; Ding, Andreas; Berg, Philipp; Lübeck, Cindy; Cattaneo, Giorgio; Frysch, Robert; Beuing, Oliver**

Evaluation der Stent-Röntgensichtbarkeit in Abhängigkeit der Markerstruktur

Clinical neuroradiology - München: Urban & Vogel, Volume 29, supplement 1 (2019), Seite 1-29;

[Imp.fact.: 2.8]

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

Numerical investigation and experimental comparison of the gas dynamics in a highly underexpanded confined real gas jet

Flow, turbulence and combustion : an international journal published in association with ERCOFTAC - Dordrecht [u.a.]: Springer Science + Business Media B.V., Bd. 103.2019, 1, S. 141-173

[Imp.fact.: 2.371]

**Zhou, Hao; You, Jiaping; Xiong, Shiyang; Yang, Yue; Thévenin, Dominique; Chen, Shiyi**

Interactions between the premixed flame front and the three-dimensional Taylor-Green vortex

Proceedings of the Combustion Institute - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 37.2019, 2, S. 2461-2468;

[Imp.fact.: 3.299]

## BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

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

Evolutionary pathlines for blood flow exploration in cerebral aneurysms

VCBM 19 - Eurographics Ass., S. 253-264, 2019;

[Workshop: Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine, VCBM 19, Brno, Czech Republic, September 4-6, 2019]



**Lichtenberg, Nils; Krayner, Bastian; Hansen, Christian; Müller, Stefan; Lawonn, Kai**

Distance field visualization and 2D abstraction of vessel tree structures with on-the-fly parameterization

VCBM 19 - Eurographics Ass., S. 265-277, 2019;

[Workshop: Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine, VCBM 19, Brno, Czech Republic, September 4-6, 2019]

**Neyazi, Belal; Saalfeld, Patrick; Berg, Philipp; Skalej, Martin; Preim, Bernhard; Sandalcioğlu, I. Erol; Saalfeld, Sylvia**

VR craniotomy for optimal intracranial aneurysm surgery planning

CURAC 2019 - Tagungsband - Reutlingen: Hochschule Reutlingen, Fakultät Informatik, S. 234-239;

[Tagung: 18. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie e.V., CURAC 2019, Reutlingen, 19.-21. September 2019]

**Sauerhering, Jörg; Boye, Gunar; Beyrau, Frank; Stamann, Olena; Perekopskiy, Sergey**

Einfluss der Kühlkanalgeometrie und der Thermal Interface Materials auf die thermische Belastung eines Elektromotors mit Luftspaltwicklung

14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtag - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 95-104;

[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

**Schulz, Florian; Beyrau, Frank**

Spray/wall-interaction and the formation of wall films

ILASS-Americas 2019 - ILASS-Americas, S. 74;

[Konferenz: 30th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, ILASS 2019, Tempe, AZ, May 12 - 15, 2019]

**Stamann, Olena; Jüttner, Sven; Sauerhering, Jörg; Zörnig, Andreas; Kasper, Roland**

Untersuchung von doppelseitig klebenden Elektroisierfolien mit wärmeleitfähigen Klebstoffschichten zum Fügen der Luftspaltwicklung von Leichtbau-Elektroantrieben

14. Magdeburger Maschinenbau-Tage 2019 - Magdeburger Ingenieurtag - 24. und 25. September 2019 : Tagungsband - Magdeburg: Otto von Guericke Universität Magdeburg, Fakultät Maschinenbau, Institut für Mobile Systeme - Lehrstuhl Mechatronik, S. 162-171;

[Tagung: 14 MMT 2019, 24. und 25. September 2019, Magdeburg]

## WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEN

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

Intelligentes Multi-Energie-System (SmartMES) - Statusbericht der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zum Verbundprojekt : 2. Statusseminar 04. April 2019 in Magdeburg

Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität, 2019, VI, 81 Seiten, Diagramme, 21 cm - (Res electricae Magdeburgenses; Band 76);

Kongress: Projekt SmartMES 2 (Magdeburg : 2019.04.04) [Literaturverzeichnis: Seite 78-81]

## NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

**Schulz, Franziska S.; Roloff, Christoph; Stucht, Daniel; Thévenin, Dominique; Speck, Oliver; Janiga, Gabor**

Improved flow prediction in intracranial aneurysms using data assimilation

UNCECOMP 2019 - Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering - Athens: Institute of Structural Analysis and Antiseismic Research, School of Civil Engineering, National Technical University of Athens (NTUA), S. 629-639;

[Konferenz: ECCOMAS 3rd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering, UNCECOMP 2019, Crete, Greece, 24-26 June 2019]

## ABSTRACTS

**Ajmal, Mohsin; Kerst, Kristin; Thévenin, Dominique; Katterfeld, André**

Validation of CFD-DEM simulations for separation function curves of zigzag air-classifier  
3rd CFDEM® conference - Linz, S. 59, 2019

**Voß, Samuel; Kabbe, K.; Boese, A.; Janiga, Gabor; Klink, Fabian**

Herstellung dünnwandiger, flexibler Gefäßmodelle für die präklinische Entwicklung und Erprobung von Mikrokathetern

4th Image-Guided Interventions Conference - Mannheim, 2019;

[Konferenz: 4th Image-Guided Interventions Conference, Mannheim, Germany, November 4 - 5, 2019]

**Voß, Samuel; Kabbe, K.; Klink, Fabian; Janiga, Gabor; Boese, A.**

Versuchsstand zur experimentellen Charakterisierung der Wechselwirkung zwischen Mikrokathetern und künstlichen Gefäßwänden

4th Image-Guided Interventions Conference - Mannheim, 2019;

[Konferenz: 4th Image-Guided Interventions Conference, Mannheim, Germany, November 4 - 5, 2019]

**Voß, Samuel; Lutz, Y.; Sauerhering, Jörg; Boese, A.; Klink, Fabian; Ding, A.; Janiga, Gabor; Beuing, Oliver**

Experimentelle Untersuchung der Perfusion im Kontext der milden therapeutischen Hypothermie

4th Image-Guided Interventions Conference - Mannheim, 2019;

[Konferenz: 4th Image-Guided Interventions Conference, Mannheim, Germany, November 4 - 5, 2019]

## ANDERE MATERIALIEN

**Berg, Philipp; Saalfeld, Sylvia; Behrendt, Benjamin; Larsen, N.**

Local Flow Analysis in unruptured middle cerebral artery aneurysms with vessel wall enhancement

6th International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering - CMBE2019 - Swansea, United Kingdom: CMBE, S. 558-561;

[Konferenz: 6th International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering, CMBE, Sendai City, Japan, 10 - 12 June 2019]

## DISSERTATIONEN

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

Untersuchung der Strömungsverhältnisse in einem Kristallisator mittels Kopplung zwischen Numerischer Strömungsmechanik (CFD) und Diskrete-Elemente-Methode (DEM)

Magdeburg, 2019, xix, 130 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 123-130]

**Lehwald, Andreas; Thévenin, Dominique [AkademischeR BetreuerIn]; Beyrau, Frank [AkademischeR BetreuerIn]**

Visualisierung und Quantifizierung von Makro- und Mikromischen in einem Flüssig/Flüssig-System

Magdeburg, 2019, XXI, 187 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 174-184]

**Pliester, Stefan; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Einfluss von Strukturmerkmalen und weiteren Eigenschaften geformter feuerfester Werkstoffe auf die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit mit den Verfahren Heißdraht, Hot-Bridge und Laser-Flash

Berlin: epubli, 2019, Erste Auflage, XV, 251 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 24 cm, 546 g;

[Literaturverzeichnis: Seite 245-251]

**Tammen, Niklas; Tsotsas, Evangelos [AkademischeR BetreuerIn]; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]**

Methode zur gefahrlosen, zeit- und energieeffizienten Trocknung ungeformter feuerfester Massen der Zustellung von Anlagen der Aluminiumindustrie

Magdeburg, 2019, XX, 267 Seiten, Illustrationen, Diagramme, 30 cm;

[Literaturverzeichnis: Seite 221-267]