

Wechselseitige Beeinflussung von Transport- und Benetzungsvorgängen (SFB 1194)

In vielen technischen Prozessen ist das Zusammenspiel zwischen Flüssigkeiten und Oberflächen von großer Bedeutung: Beispielsweise bei der Druck- und Beschichtungstechnologie, in Wärmeübertragern mit Verdampfung oder Kondensation sowie in mikrofluidischen Anwendungen. Dabei sind Be- und Entnetzungsvorgänge oft wechselseitig mit den lokalen Impuls-, Wärme- und Stofftransportvorgängen in unmittelbarer Nähe der fort- oder zurückschreitenden Dreiphasenkontaktlinie (Flüssigkeit/Gas/Festkörper) verknüpft. Obwohl diese physikalischen Phänomene sich nur auf einem räumlich äußerst kleinen Bereich von einigen Nano- bis wenigen Mikrometern Ausdehnung abspielen, bestimmen sie oft maßgeblich die Effektivität und Effizienz eines gesamten technischen Prozesses sowie die Qualität der resultierenden Produkte.

Der Tiefdruck sei hier als ein Beispiel von vielen genannt. Die strömungsdynamischen Vorgänge bei der Übertragung der Druckfarbe aus winzigen Nöpfchen im Zylinder auf die zu bedruckende Oberfläche laufen in wenigen Millisekunden und auf einer Längenskala von etwa $10\mu\text{m}$ ab. Die Dynamik und die Vorhersagbarkeit der leicht beweglichen fluiden Oberfläche und der Kontaktlinie können die Qualität des Druckprodukts maßgeblich beeinflussen.

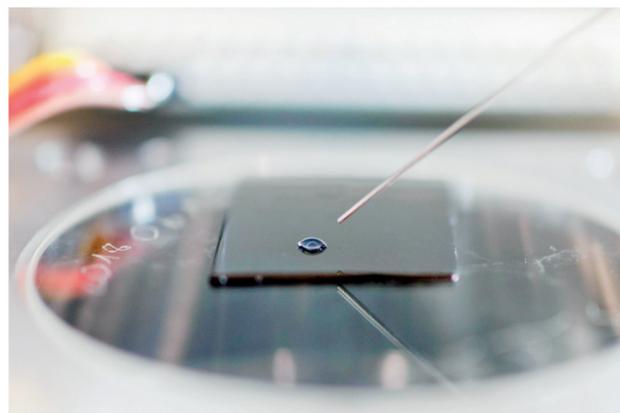


Bild 1: Die generische Leitkonfiguration Tropfen dient als Versuchsplattform, mit der komplementäre wissenschaftliche Fragestellungen beantwortet werden. Foto: Maximilian Hartmann

In bisherige Forschungen wurden die Zusammenhänge zwischen Benetzungscharakteristiken und den lokalen Fluidgeschwindigkeiten (Impulstransport) intensiv untersucht. Wenn parallel zum Impuls- auch Wärme- bzw. Stofftransportvorgänge auftreten sind die Ursachen der wechselseitigen Beeinflussung dieser Mechanismen bislang größtenteils unverstanden. Insbesondere für die Interaktion von komplexen Fluiden wie Gemischen mit strukturierten oder porösen Oberflächen ist das Verhalten unbekannt.

Um hier Antworten zu finden, ist es erforderlich, grundlegende Vorgänge und Phänomene auf den verschiedenen, relevanten Längenskalen (Nano-Mikro-Makro) zu beleuchten sowie eine Brücke zwischen den Grundlagen und den Anwendungen zu schlagen. Im SFB 1194 werden daher unterschiedliche Methoden und Expertisen aus Ingenieurwissenschaften, Mathematik, Chemie, Physik und Materialwissenschaften verzahnt.

Der SFB umfasst 18 Teilprojekte in drei Teilprojektbereichen: (A) Generische Experimente, (B) Modellierung und numerische Simulation und (C) Neue und verbesserte Anwendungen. Als wichtige integrative Klammern und für die gemeinsame Fokussierung wurden zwei generische Leitkonfigurationen definiert



Bild 2: In Abstimmung mit anderen Teilprojekten wird ein breites Spektrum von Fluiden und Oberflächen untersucht. Foto: Sebastian Keuth

sowie OpenFOAM als gemeinsame Softwareplattform ausgewählt. Die Leitkonfiguration Tropfen ist zum Beispiel einerseits Versuchsplattform, mit der eigenständig komplementäre wissenschaftliche Fragestellungen beantwortet werden. Andererseits dient sie als grundlegender Validierungsfall für die Modellentwicklung und Simulation.

Leitkonfiguration als interdisziplinärer Schnittpunkt

So entwickeln etwa MathematikerInnen anhand der Leitkonfigurationen Testfälle zur Validierung und untersuchen Benetzungsprozesse mit Fokus auf Szenarien aus der Drucktechnik. Die Simulation ermöglicht die Erforschung des Zusammenspiels der lokalen Kontaktliniendynamik und dem Grenzflächentransport gelöster Stoffe, auf Längenskalen, die experimentell schwer oder gar nicht zugänglich sind. Dabei lassen sich durch allgemeine unstrukturierte Polyedergitter auch komplexere Geometrien in der Simulation abbilden.

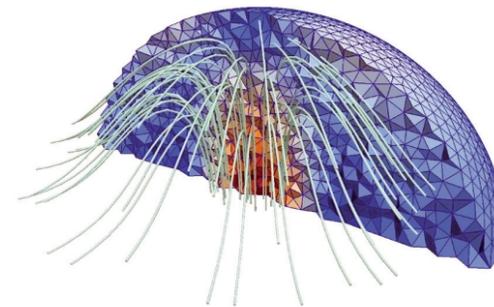


Bild 3: Simulation von Benetzungsphänomenen eines Tropfens auf planarer Oberfläche (Querschnitt) mittels ALE Interface Tracking. Bild: Dirk Gründung

Auch WissenschaftlerInnen aus der Chemie und den Materialwissenschaften nutzen in ihren Projekten die Leitkonfigurationen. So werden etwa Polymerbürsten und -netzwerke verschiedener Dichte auf Trägern aufgebracht und deren Wechselwirkung mit einem liegenden Tropfen charakterisiert. Zentrale Fragen sind der Einfluss der Quellung auf die Benetzung, oder wie zwei Zustände ineinander übergehen: Zum Beispiel warum die Kontaktlinie an einem Ort haftet, an einem anderen aber gleitet.

Projektteam:

Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft seit 2016 (erste Förderperiode 1.7. 2016 – 30.6. 2020).

Jr. Prof. Dr. Annette Andrieu-Brunsen

(FB 7, Smart Hybrid Membranes)

Dr. Günter Auernhammer

(Leibniz-Institut für Polymerforschung, Dresden)

Prof. Dr. Markus Biesalski

(FB 7, Makromolekulare Chemie und Papierchemie)

Prof. Dr. Christian Bischof

(FB 20, Wissenschaftliches Rechnen)

Prof. Dr. Dieter Bothe

(FB 4, Mathematische Modellierung und Analysis)

Prof. Dr. Hans-Jürgen Butt

(Max-Planck-Institut für Polymerforschung Mainz)

Prof. Dr.-Ing. Edgar Dörsam

(FB 16, Druckmaschinen und Druckverfahren)

Apl. Prof. Dr. Tatiana Gambaryan-Roisman

(FB 16, Technische Thermodynamik)

Prof. Dr. Steffen Hardt (FB 16, Nano- und Mikrofluidik)

Dr.-Ing. Holger Marschall

(FB 4, Mathematische Modellierung und Analysis)

Prof. Dr.-Ing. Martin Oberlack (FB 16, Fluidodynamik)

Apl. Prof. Dr. Ilia Roisman

(FB 16, Strömungslehre und Aerodynamik)

Prof. Dr. Robert Stark (FB 11, Physics of Surfaces)

Prof. Dr.-Ing. Peter Stephan

(FB 16, Technische Thermodynamik)

Prof. Dr. Christina Thiele

(FB 7, Organische Chemie und NMR-Spektroskopie)

Prof. Dr.-Ing. Cameron Tropea

(FB 16, Strömungslehre und Aerodynamik)

Prof. Dr. Stefan Ulbrich (FB 4, Optimierung)

Prof. Dr. Nico van der Vegt

(FB 7, Computational Physical Chemistry)

Kontaktinformationen:

Dr.-Ing. Benjamin Lambie (Geschäftsführer)

Technische Universität Darmstadt

Profilbereich Thermo-Fluids & Interfaces

Alarich-Weiss-Str. 10, 64287 Darmstadt

lambie@tfi.tu-darmstadt.de

Website: <https://www.sfb1194.tu-darmstadt.de>