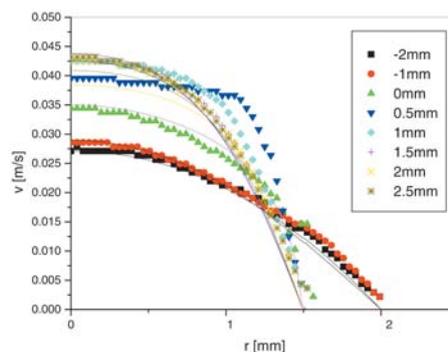


- 1 MR-Strömungsprofil-Messung in einer Kapillare mit Querschnittsverengung.
- 2 Transport und Diffusion einer Kationenwolke in einem elektrischen Feldgradienten.

## FLUIDIKSIMULATIONEN

### Beschreibung

Die Messung von Volumen- und Massendurchfluss ist für die Prozesskontrolle von herausragender Bedeutung. Um hohe Messgenauigkeiten zu erreichen, muss ein profilunabhängiges Verfahren verwendet werden oder die Strömung an der Messstelle durch analytische oder numerische Verfahren berechenbar sein. Die Flussmesstechnik am Fraunhofer IBMT umfasst Leitungssysteme mit hohen Nenndurchmessern bis hin zu mikrofluidischen Systemen aus Kapillaren und kleinsten Kanälen.



Vergleich zwischen gemessenen und simulierten Strömungsprofilen in einer Kapillare mit Querschnittsverengung.

Die Strömungsberechnungen, die in der Arbeitsgruppe Simulation, Visualisierung & Magnetische Resonanz durchgeführt werden, decken diesen gesamten Bereich ab. Mit ihrer Hilfe können Fluidsysteme ausgelegt, Messanordnungen optimiert und in Kombination mit Messungen eine stetige Verifizierung und Qualitätssicherung der Ergebnisse erreicht werden.

### MR-Strömungsimaging

Die Magnetische Resonanz (MR)-Bildgebung von strömenden Flüssigkeiten ist geeignet, mit einer ausgezeichneten Auflösung räumliche Konturbilder lokaler Flussgeschwindigkeiten und/oder Diffusion darzustellen. Insbesondere können Einflüsse der physikalischen Eigenschaften der Rohrwandung auf das Flussverhalten in Wandnähe untersucht werden. Mit am Fraunhofer IBMT entwickelten Techniken und Gradientensystemen sind Auflösungen von 5 – 7  $\mu\text{m}$  möglich. Diese Methode eignet sich vor allem auch für die Strömungsmessung an

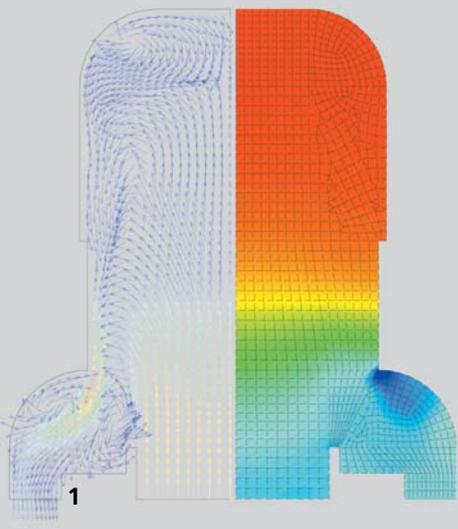
### Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT

Prof. Dr. Heiko Zimmermann  
Prof. Dr. Günter R. Fuhr  
Joseph-von-Fraunhofer-Weg 1  
66280 Sulzbach

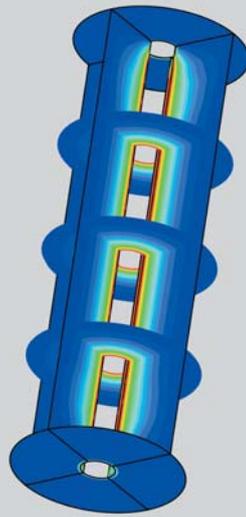
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Daniel Schmitt  
Simulation  
Telefon +49 (0) 6894 980-120  
daniel.schmitt@ibmt.fraunhofer.de

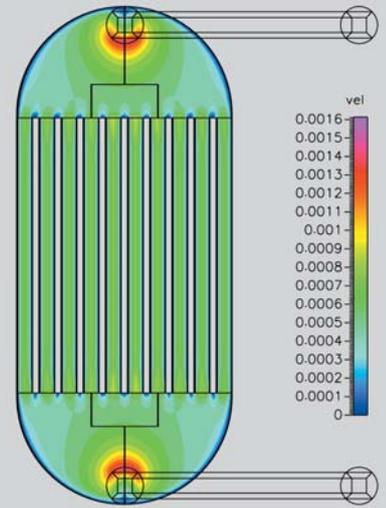
[www.ibmt.fraunhofer.de](http://www.ibmt.fraunhofer.de)



1



2

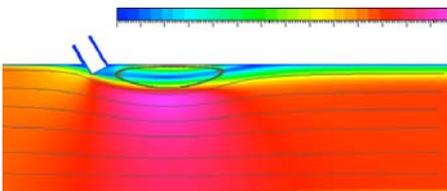


3

mikrofluidischen Systemen (Kapillaren) und Filtern.

### Ultraschall (US)-Flussmesstechnik

Ultraschall stellt in der industriellen Flussmesstechnik neben mechanischen, magnetisch/induktiven und optischen Verfahren die Basis der Messsysteme dar. Die Einkopplung von Ultraschall über Vorlaufstrecken in ruhende und bewegte Fluidmedien kann in der Kombination aus ANSYS® und FLOTRAN® berechnet werden. Somit können komplette Messzellen am Rechner erstellt und optimiert werden.



Simuliertes Strömungsprofil an einer Messstelle mit benetztem Ultraschall-Wandler.

Bei profilabhängigen Messverfahren wie der Laufzeit-Differenz-Methode kann nur eine integrale mittlere Strömungsgeschwindigkeit längs des Messpfads bestimmt werden. Zur exakten Angabe des Volumen- oder Massenstroms ist es dann nötig, das Geschwindigkeitsprofil zu kennen. Dazu wird in der Regel eine Stelle im Rohrsystem gesucht, an der sich eine ungestörte, axialsymmetrische Strömung ausgebildet hat. Dort ist das Profil bekannt und der Volumenstrom kann berechnet werden. Von der Prozessführung her ist es aber oft erwünscht, an beliebigen Stellen eine Messung vornehmen zu können. Unter Kennt-

nis der Geometrie des Leitungssystems und der Ein- und Ausströmbedingungen kann nun mithilfe von FLOTRAN® das Strömungsprofil an der Messstelle berechnet und dieses Ergebnis als Basis der Berechnung des Volumenstroms genutzt werden.

Durch die Modellierung kompletter Messsysteme können Systemparameter wie Ultraschall-Frequenz, Messpfad und Einbaulage des Wandlers erfasst werden.

Insbesondere die Auswirkung in das Fluidmedium eingebrachter Wandler auf die zu messende Strömung kann damit berechnet, minimiert und gegebenenfalls kompensiert werden.

### MEMS-Modellierung

Biologisch-/chemische Analysen werden in der Regel in wässriger Lösung durchgeführt. Eine zunehmende Automatisierung von Analysevorgängen und deren Integration in miniaturisierte Messzellen erfordert daher die Manipulation kleinster Flüssigkeitsmengen. Neben der Beherrschbarkeit der Herstellungsprozesse stellt insbesondere die Auslegung dieser Messzellen hinsichtlich des Bedarfs an Analytikum und optimiertem Probenzu- und -abtransport eine große Herausforderung dar.

Mit einem CFD-Programm wie FLOTRAN® können Modelle der Messzellen erstellt und hinsichtlich ihrer Flusseigenschaften optimiert werden. Durch die Berücksichtigung von Ladungsträgern, Diffusivität, Adsorp-

tionsvorgängen und chemischen Reaktionen können komplette Analysevorgänge simuliert werden.

### Unser Angebot

Auf der Grundlage problemspezifischer Vorgaben können Strömungsmesssysteme oder miniaturisierte Strömungszellen anhand eines Rechnermodells entworfen, getestet und optimiert werden. Durch die Übernahme dreidimensionaler Modelle aus CAD-Programmen lassen sich somit schnell und kostengünstig komplette Systeme am Rechner entwickeln.

Die im Hause vorhandenen und weiterentwickelten Messverfahren ermöglichen eine permanente wechselseitige Kontrolle, Verifikation und Qualitätssicherung der Messungen und Berechnungsergebnisse.

- 1 Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit und des Drucks in einer Verbrennungskammer bei überlagerter akustischer Schallwelle.
- 2 Simulation der Couette-Strömung im IBMT Speckle-Tracker-Demonstrator.
- 3 Optimierung eines Mikrofluidikbauteils hinsichtlich homogener Durchströmung.