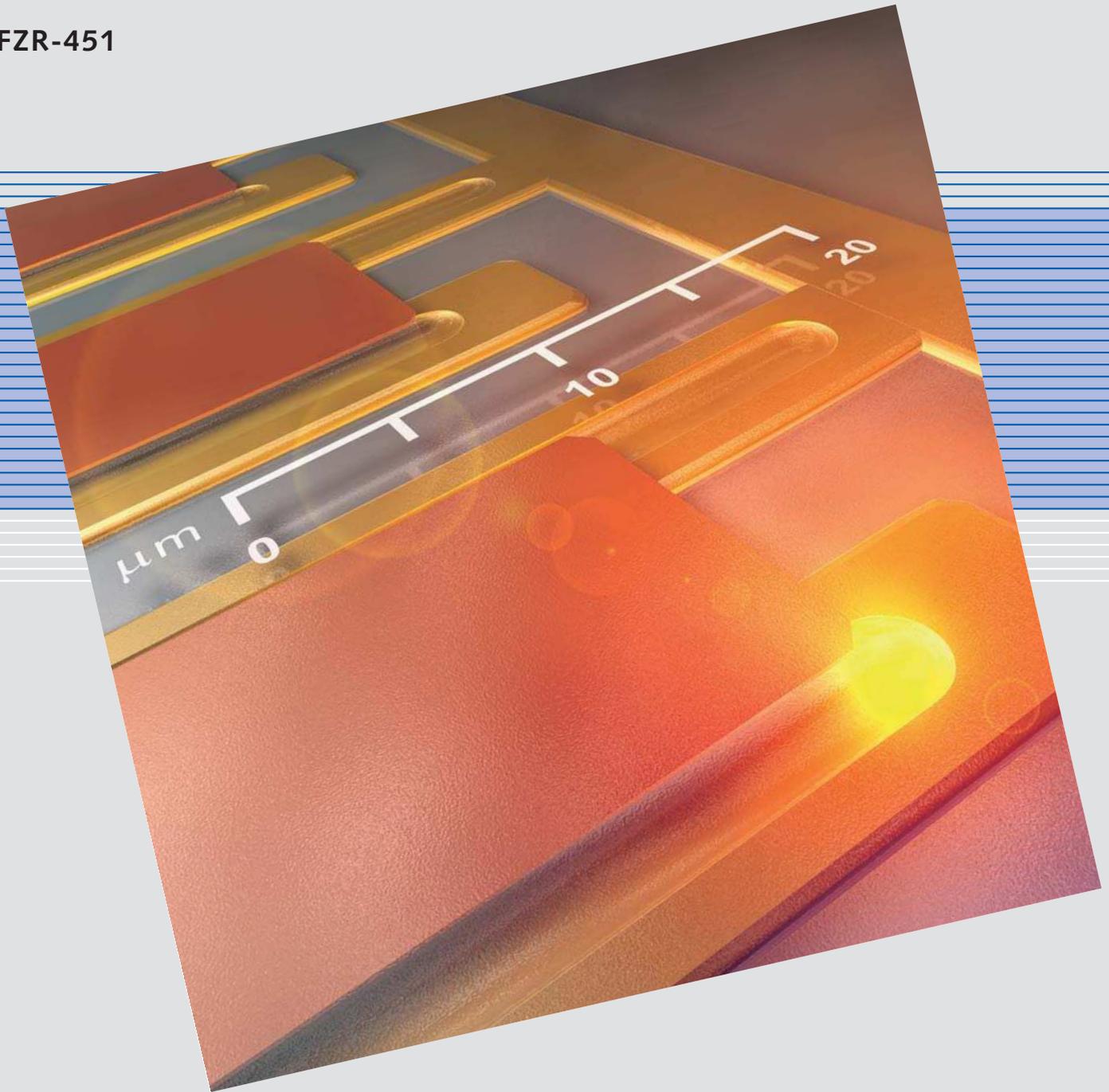


FZR-451



Jahresbericht 2005



Forschungszentrum
Rossendorf

IMPRESSUM

FZR - Jahresbericht 2005

Herausgeber: Forschungszentrum Rossendorf
Vorstand

Schriftenreihe: Wissenschaftlich-Technische Berichte
FZR-451
März 2006
ISSN 1437-322X

Konzeption & Redaktion: Dr. Christine Bohnet, FZR

Gestaltung und Layout: Werbeagentur Preußel, Coswig

Fotos: FZR, C. Preußel

Druck: Druckerei Thieme, Meißen

Abrufbar unter: <http://www.fz-rossendorf.de>

Zu beziehen bei: Forschungszentrum Rossendorf
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Bautzner Landstr. 128
01328 Dresden

Zusätzlich zum FZR-Jahresbericht 2005 in Deutsch sind „Annual Reports“ der FZR-Institute erhältlich.

Titelbild: 3D-Bearbeitung einer REM-Aufnahme der Terahertz-Strahlungsquelle (s. Artikel S. 10 -12)

Inhalt

3 Vorwort

4 Profil

Mission | Forschungsprogramm | Großgeräte



Forschung

- 10 Neues Licht ins Dunkel der Terahertz-Lücke
- 13 Starkes Magnetfeld verändert exotisches Metall
- 15 Kerne im Licht der ELBE-Bremsstrahlung
- 19 Radioaktive Metalle für die Tumorthapie
- 24 Beitrag zur Sicherheit - Untersuchungen zur Nuklidmigration im Endlager für radioaktive Stoffe Morsleben
- 27 Modelle für die Simulation von Mehrphasenströmungen mit CFD-Codes
- 31 Maßgeschneiderte Magnetfelder für den industriellen Einsatz - der DFG-Sonderforschungsbereich 609
- 34 Höchste Magnetfelder als Basis für Kooperationen mit Partnern aus Dresden, Europa und Übersee
- 37 Tomographie komprimierter Kernmaterie: Resultate von Experimenten der internationalen SIS-HADES-Kollaboration

43 Internationales

Workshops und Konferenzen
Stipendiaten der Alexander von Humboldt-Stiftung

48 Ereignisse

Personalia | Auszeichnungen
FZR-Preise | Termine

56 Bildung

Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften
und Tag des offenen Labors
Schüler und Lehrer
Studenten und Doktoranden
Ausbildung im FZR

60 Daten und Fakten

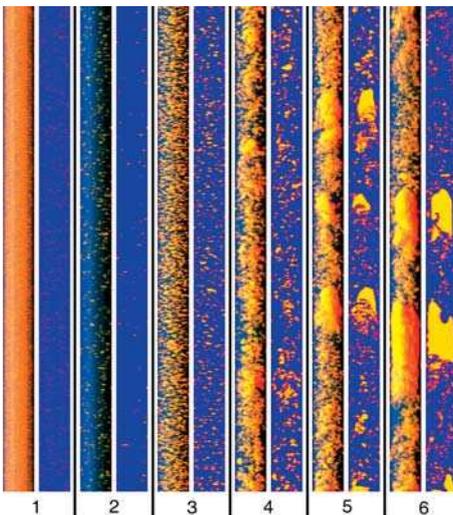
Organe und Gremien | Überblick

62 Organigramm



Modelle für die Simulation von Mehrphasenströmungen mit CFD-Codes

Dirk Lucas, Horst-Michael Prasser, Eckhard Krepper, Thomas Frank*



Nr.	J_L [m/s]	J_G [m/s]	Strömungsform
1	4,047	0,2190	fein dispers
2	0,405	0,1196	Blasenströmung mit Wandmaximum
3	0,405	0,0574	Blasenströmung im Übergangsbereich
4	1,017	0,2190	Blasenströmung mit Mittenmaximum
5	1,017	0,3420	Blasenströmung mit bimodaler Blasen-größenverteilung
6	1,017	0,5340	Pfropfenströmung

Abb. 1: Gittersensoren liefern detaillierte Informationen über die Struktur einer Zweiphasenströmung.

Aus den Messdaten werden virtuelle Seitenansichten (linke Säulen) und Schnittbilder durch die Mittelebene (rechte Säulen) einer senkrechten Rohrleitung gewonnen. Bei Variation der Volumenstromdichten von Luft (J_G) und Wasser (J_L) stellen sich verschiedene Strömungsformen ein.

„Computational Fluid Dynamics“-Codes ist der Oberbegriff für Rechenprogramme zur mehrdimensionalen numerischen Strömungssimulation. Sie beruhen auf den strömungsmechanischen Grundgleichungen, partiellen Differentialgleichungen, die bis vor einigen Jahren mit Ausnahme von wenigen Spezialfällen als praktisch unlösbar galten. Mit der heute verfügbaren Rechen-technik und fortgeschrittenen numerischen Methoden können jedoch bereits komplizierte Strömungsfelder, wie sie unter anderem in der Automobil- und Luftfahrtindustrie auftreten, berechnet werden. Der Vorteil: An Stelle empirischer Berechnungsformeln, die immer nur für einen bestimmten Anwendungsfall galten, kann auf ein universelles Rechenmodell zurückgegriffen werden. Dadurch werden aufwendige Experimente eingespart, die früher beispielsweise in Windkanälen durchgeführt werden mussten. Durch Eingabe der geometrischen Daten des zu untersuchenden Objekts kann das CFD-Programm leicht an die Randbedingungen der jeweiligen Aufgabenstellung angepasst werden, ohne dabei immer wieder neue Modellgleichungen entwickeln zu müssen.

Von dem, was bei reinen Gas- oder Flüssigkeitsströmungen schon breite Anwendung findet, ist man im Fall zwei- oder mehrphasiger Strömungen jedoch noch weit entfernt. Wenn, wie beispielsweise in einem Kernreaktor, ein Zweiphasengemisch aus Dampf und Wasser die Bauelemente kühlt, dann müssen zusätzlich die Wechselwirkungen zwischen den beiden beteiligten Phasen beschrieben werden. Dort findet ein Austausch von Masse, Impuls und Energie statt. Wie [Abb. 1](#) zeigt, ist die Struktur dieser Phasengrenzfläche sehr komplex. Auch bei wachsender Rechenleistung ist es nicht möglich, die rasch veränderliche Gestalt dieser Grenzfläche zu berechnen. Stattdessen wird auf das Zweifluidmodell zurückgegriffen, bei dem angenommen wird, dass an jedem Ort beide Phasen mit einem gewissen Volumenanteil gleichzeitig präsent sind. Wichtige Strukturmerkmale der Phasengrenzfläche werden dann durch Parameter wie Blasengrößen und Blasenanzahldichten wiedergegeben. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Erstellung von Modellgleichungen, die notwendig sind, um die Intensität der Wechselwirkungen an der Phasengrenze in Abhängigkeit von diesen Strukturparametern zu berechnen.

Im Rahmen einer Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) zur „Entwicklung und Anwendung von CFD-Programmen für Phänomene im Kühlkreislauf von Leichtwasserreaktoren“ werden im Institut

*ANSYS Germany GmbH, Otterfing

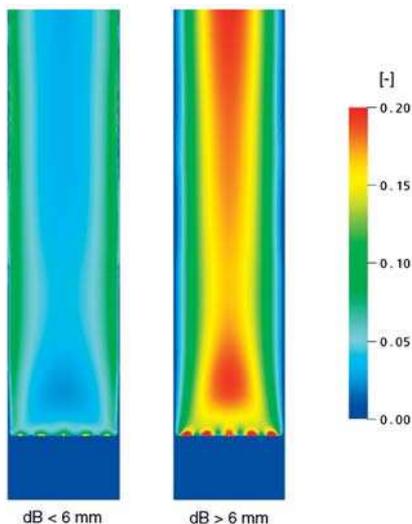


Abb. 2: Die quer zur Hauptströmungsrichtung wirkende Auftriebskraft befördert kleine Blasen zum Rand einer aufwärts durchströmten vertikalen Rohrleitung, während größere Blasen zum Zentrum wandern. Das inhomogene MUSIG-Modell, eine gemeinsam mit ANSYS Germany entwickelte neue Komponente von CFX-10, gibt diesen Effekt richtig wieder.

für Sicherheitsforschung Arbeiten zur Weiterentwicklung des Strömungscodes ANSYS-CFX für Zweiphasenströmungen durchgeführt. Ein Kooperationsvertrag mit dem Codeentwickler ANSYS Germany gewährleistet, dass die Forschungsergebnisse direkt in das CFD-Programm einfließen. Damit ist eine unmittelbare praktische Verwertung der Ergebnisse der Arbeiten gegeben.

Als Beispiel solcher Arbeiten soll hier der Spezialfall einer Blasenströmung ohne Phasenübergang durch Sieden oder Kondensation betrachtet werden. In diesem Fall muss „lediglich“ der Impulsaustausch zwischen den Phasen berücksichtigt werden, der durch Ansätze für die auf eine Gasblase wirkenden Kräfte beschrieben wird.

Basis für die Modellentwicklung sind Experimente an der TOPFLOW-Versuchsanlage des FZR, bei denen eine Wasser-Luft- bzw. Wasser-Dampf-Strömung in einer vertikalen Rohrleitung mit Gittersensoren untersucht wird, einer Messtechnik, die hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung für solche Anwendungen weltweit führend ist. Die Zylindergeometrie und die Möglichkeit, die Entwicklung der Strömung über die Rohrlänge zu beobachten, erleichtern die Modellentwicklung.

In den Untersuchungen zu den Blasenkräften wurden die Widerstandskraft, die virtuelle Massenkraft, die laterale Auftriebskraft, die Wandkraft und die turbulente Dispersionskraft berücksichtigt. Interessant ist hierbei insbesondere die auf die Blasen quer zur Hauptströmungsrichtung wirkende Auftriebskraft, die unter Normalbedingungen bei einem Blasendurchmesser von ca. 5 - 6 mm ihr Vorzeichen umkehrt. In Folge dessen bewegen sich kleinere Blasen bevorzugt in Richtung Rohrwand, während größere eher in der Mitte des Rohrs zu finden sind. Das Zusammenspiel aller Kräfte führt zu einer charakteristischen Verteilung der Blasen über den Rohrquerschnitt, die stark von dem Spektrum der Blasengrößen abhängt. Durch einen Vergleich gemessener und berechneter Verteilungen kann die Güte der einzelnen Modelle für die Blasenkräfte eingeschätzt werden. Im Resultat wurde ein Satz von Modellen gefunden, der die experimentellen Befunde gut wiedergibt und der daher gemeinsam mit dem Entwickler in den CFD-Code CFX implementiert wurde. Auf Grundlage dieser Arbeiten wurde die Notwendigkeit eines Mehrblasenklassenmodells deutlich, welches unterschiedliche Geschwindigkeiten für Blasen unterschiedlicher Größe zulässt. Ein derartiges Modell, das auch als inhomogenes MUSIG-Modell bezeichnet wird (MUSIG - **M**ulti **B**ubble **S**ize **G**roup), wurde inzwischen entwickelt und ebenfalls in CFX implementiert.

Abb. 2 zeigt als Beispiel Gasgehaltsverteilungen, die unter Berücksichtigung von zwei Blasenklassen mit dem CFX-Code berechnet wurden. Die Gasblasen werden dabei über mehrere Düsen, die gleichmäßig über dem Querschnitt verteilt sind, in die Rohrleitung eingespeist. In Strömungsrichtung sagt CFX eine

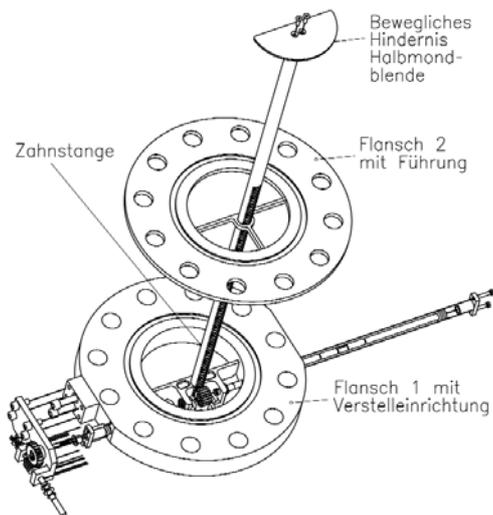


Abb. 3: Die Gasgehaltsverteilung und das Geschwindigkeitsfeld bei Umströmung einer halbmondförmigen Blende kann mit einem Gittersensor erfasst werden, wenn die wahlweise vor und hinter dem Sensor angeordnete Blende durch einen mechanischen Antrieb verschoben werden kann.

Umverteilung der Blasen voraus, wobei kleine Blasen zum Rand, große zum Zentrum des Rohrquerschnitts wandern. Diese Rechenergebnisse stimmen gut mit Gasgehaltsprofilen überein, die mittels Gittersensor für die unterschiedlichen Blasengrößeklassen ermittelt wurden.

Die Gültigkeit der entwickelten Modelle ist aber nicht auf Rohrströmungen begrenzt. Vielmehr ist es das Ziel, in dem Zusammenwirken von Experimenten und CFD-Simulationen möglichst allgemeingültige Modelle für derartige Strömungsformen zu entwickeln. Um die Anwendbarkeit der Modelle für die Blasenkräfte auch für komplizierte Strömungsfelder nachzuweisen, wurden Experimente mit einer halbseitigen Versperrung des Rohrquerschnitts durchgeführt. Messungen erfolgten wiederum mit dem Gittersensor, wobei der Abstand zwischen der zur Versperrung benutzten Blende (Abb. 3) und dem Sensor variiert wurde. Dadurch kann das dreidimensionale Strömungsfeld in der Umgebung des Hindernisses mit Rechenergebnissen verglichen werden. Noch vor Beginn der Experimente wurde eine Berechnung der Gasgehaltsverteilung und des Geschwindigkeitsfeldes in der Umgebung der Blende angestellt. Hinter der Blende wurde ein großräumiges Rezirkulationsgebiet vorhergesagt, in dem es zu einer starken Anreicherung der Gasphase kommt, wogegen im Stau vor der Blende der Gasgehalt absinkt (Abb. 4). Die theoretisch vorhergesagten Strukturen wurden durch das Experiment voll bestätigt (Abb. 5). Bisher basierten die Berechnungen auf der Annahme von Blasen einer einheitlichen Größe. Im nächsten Schritt wird das oben beschriebene inhomogene MUSIG-Modell anhand der Messdaten getestet, was die Genauigkeit der Simulation weiter erhöhen wird.

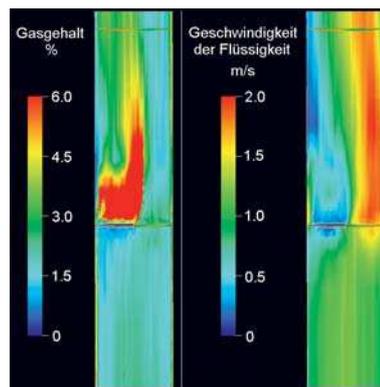


Abb. 4: Für die Umströmung des halbmondförmigen Hindernisses durch ein Flüssigkeits-Gas-Gemisch sagt CFX voraus, dass sich im Nachlauf ein großräumiges Rezirkulationsgebiet mit starker Anreicherung der Gasphase herausbildet. Dicht vor dem Hindernis staut sich die Strömung. An dieser Stelle wird eine Abnahme des Gasanteils berechnet.

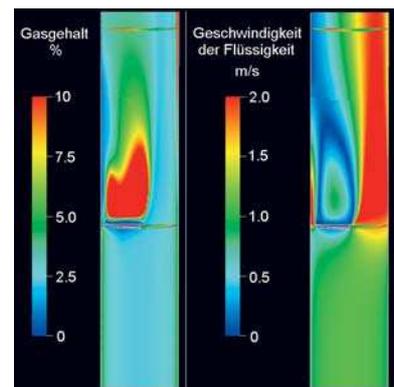


Abb. 5: Ein Experiment mit der verschieblichen Blende bestätigt die Vorhersagen durch den Strömungssimulationscode CFX. Der Gittersensor liefert eine Gasgehaltsverteilung und ein Geschwindigkeitsfeld, das eine gute Übereinstimmung mit den Rechenergebnissen aufweist.