idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Pressemitteilung

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Gertraud Pickel

12.01.2000
http://idw-online.de/de/news17044

Forschungsprojekte
Biologie, Chemie, Maschinenbau, Mathematik, Physik / Astronomie
überregional

Reaktortypus; Blasensäule

Wenn Sprudelwasser sprudelt, steigen in der Flüssigkeit Gasbläschen hoch. Vergleichbares läuft in Blasensäulen ab, die in der Industrie eingesetzt werden - allerdings nicht zu dem Zweck, den Gaumen zu erfrischen, sondern bei chemisch-technischen Prozessen. Am Lehrstuhl für Strömungsmechanik von Prof. Dr. Dr. h.c. Franz Durst erarbeiten Priv.-Doz. Dr. Günter Brenn und Dipl.-Ing. Heiko Braeske an der Universität Erlangen-Nürnberg die experimentellen Grundlagen für ein Berechnungsmodell, das die physikalischen Vorgänge in solchen Vorrichtungen unabhängig von Form und Größe der Anlage richtig wiedergeben soll. Erste Ergebnisse liegen bereits vor.

Industriell werden Blasensäulen als Reaktoren genutzt: in solchen Apparaturen laufen chemische Reaktionen, also Stoffaustauschprozesse, zwischen gasförmigen und flüssigen Ausgangssubstanzen ab. Auf diese Weise werden zum Beispiel industrielle Abwässer durch Naßoxidation gereinigt oder schwere Erdölfraktionen veredelt, die ohne Aufbereitung nicht mehr nutzbar sind.

Derartige Reaktoren funktionieren nach einem einfachen Grundprinzip. Die gasförmige Stoffkomponente, auch Gasphase genannt, wird am Boden des meist kreiszylindrischen Apparates eingebracht und steigt in Form von Blasen durch die flüssige Komponente (oder Flüssigphase) nach oben. Blasensäulen sind robust und sehr anpassungsfähig. Sie haben keine bewegten Teile und keine Einbauten, können für hohe Drücke und Temperaturen ausgelegt werden, und eine dritte, feste Phase - etwa ein Katalysatorträger - läßt sich ohne viel Aufwand hinzufügen.

Zahlreiche Produkte der chemischen Industrie entstehen auf diesem Weg. Entsprechend groß ist das Interesse daran, diesen Reaktortyp zu verbessern und effizienter zu machen. Um die chemischen Abläufe steuern zu können, müssen physikalische Vorgänge berücksichtigt werden: die Umsetzung der Stoffe hängt von ihrer Konzentration und von Größen wie Druck, Temperatur und Stoffaustauschfläche an jedem Ort im Reaktor ab. Gasblasen üben Verdrängungs- und Schleppeffekte aus und mischen so die Flüssigkeit durch. Kenntnisse der Strömungsdynamik im Reaktor sind daher unverzichtbar.

Maßstabsprobleme

Ergebnisse aus Experimenten in kleinen Labor- und Technikumsanlagen auf industrielle Größenordnungen zu übertragen, ist allerdings äußerst problematisch, da sich mit den räumlichen Abmessungen einer Blasensäule meist auch die Strömungsvorgänge qualitativ grundlegend ändern. Mittels Computersimulationen können solche Unterschiede bereits bei der Planung von Anlagen berücksichtigt werden. Die Simulationen wiederum basieren auf experimentell ermittelten Daten.

Die derzeitigen Experimente am Lehrstuhl für Strömungsmechanik sollen Daten liefern, die für Blasensäulen jeder Form und Größe gelten. Daraus kann ein umfassendes und detailliertes Modell entstehen, das die sinnvolle numerische

Berechnung zweiphasiger Strömungen ermöglicht. Auszufüllen sind insbesondere Kenntnislücken im Bereich der Wechselwirkung zwischen der gasförmigen und flüssigen Phase und der mathematischen Beschreibung der Viskosität mehrphasiger Fluidsysteme.

Chemische Reaktionen zwischen Gas und Flüssigkeit werden in den Meßreihen zunächst nicht betrachtet. Mit einem Membranbegaser werden sehr kleine Luftblasen im Größenbereich zwischen 150 µm und 700 µm am Boden der Säule in Wasser eingebracht. Die Gasgehalte in der ganzen Blasensäule liegen bisher noch unter 1%. Als Versuchsparameter werden der Gasvolumenstrom, die Flüssigkeitshöhe und die Blasengröße variiert.

Es wird darauf geachtet, daß die Blasen kugelförmig sind. Tracerpartikeln mit einem Durchmesser von 10 µm sollen die Flüssigkeit "sichtbar" machen. Beides ist erforderlich, um die Phasen-Doppler-Anemometrie (PDA), ein optisches Verfahren, als Meßtechnik einsetzen zu können. Die Messungen liefern für Blasen und Tracer jeweils charakteristische, unterschiedliche Signale.

Auf diese Weise können die Geschwindigkeiten der beiden Phasen sowie die Blasengrößenverteilung gemessen und dabei die Ankunftszeiten aufgenommen werden. Daraus lassen sich die zeitlich gemittelte Gaskonzentrationsverteilung und Zusammenhänge zwischen Blasengrößen und Geschwindigkeiten der beiden Phasen ermitteln. Aus dem zeitlichen Verlauf der gemessenen Größen lassen sich Aussagen über die Dynamik der Strömung ableiten. Zum Beispiel können typische Blasenabfolgen ermittelt, unterschiedliche Strömungsformen identifiziert und hinsichtlich ihrer charakteristischen Turbulenzeigenschaften getrennt ausgewertet werden.

Schlupfgeschwindigkeit

Bisherige Messungen ergaben, daß durch jede Querschnittsebene der Blasensäule die gleiche Flüssigkeitsmenge nach oben wie nach unten fließt, wie es der Kontinuitätsbedingung entspricht. Im mittleren Bereich des Säulenquerschnitts ist die Strömung im zeitlichen Mittel nach oben gerichtet, am Rand dagegen nach unten. Der Unterschied der Geschwindigkeiten von Flüssigkeit und Blasen - die Schlupfgeschwindigkeit - ist in der Mitte kleiner als am Rand und am kleinsten im Übergangsgebiet zwischen Rand- und Kernzone.

Mit zunehmender Entfernung vom Begaser in Richtung der Zylinderachse werden die Blasen im unteren Drittel der Blasensäule zunächst schneller. Dann erreichen die Geschwindigkeiten ein Maximum und streben nach oben hin gegen einen etwas niedrigeren konstanten Wert. Die Schlupfgeschwindigkeit nimmt nach oben hin ab.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert das Projekt mit einer Summe von 257.000 Mark im Schwerpunktprogramm "Analyse, Modellbildung und Berechnung mehrphasiger Strömungen". Alle an diesem Programm beteiligten Institutionen kooperieren; speziell arbeitet der Erlanger Lehrstuhl mit dem Institut für Chemische Verfahrenstechnik der Universität Stuttgart und dem Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik der Martin-Luther-Universität in Halle zusammen.

* Kontakt:
Dipl.-Ing. Heiko Braeske, Priv.-Doz. Dr. Günter Brenn
Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Cauerstraße 4, 91058 Erlangen
Tel.: 09131/85 -29473 , -29509, Fax: 09131/85 -29503
E-Mail: heiko.braeske@lstm.uni-erlangen.de, guenter.brenn@lstm.uni-erlangen.de

URL zur Pressemitteilung: http://www.mvt.vt.uni-halle.de/forschung/dfg/dfg.html
URL zur Pressemitteilung: http://www.lstm.uni-erlangen.de/ber6