

Schriftenreihe Mechanische Verfahrenstechnik

Band 8

Frank Landwehr

**Entwicklung eines Lichtleiterverfahrens zur
Charakterisierung von Mehrphasenströmungen**

D 290 (Diss. Universität Dortmund)

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4219-8

ISSN 1618-2855

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines Meßsystems zur Charakterisierung von Mehrphasenströmungen durch die optische Detektion der Phasenverteilung. Das Einsatzgebiet dieses Meßsystems sind Mehrphasenströmungen mit hoher Flüssigkeitsbeladung, wie sie z.B. im Nahbereich von Düsenmündungen oder in Blasensäulen auftreten. Im Vergleich zu existierenden Systemen sollte die Flüssigkeitsbeladung im Messvolumen keinen Einfluss auf das Messergebnis haben. Dies wurde erreicht durch Entwicklung eines optischen Sensors, der als invasives Meßsystem direkt in die Strömung eingebracht wird. In der ersten Phase wurde ein Einzel-Sensor entwickelt, aufgebaut und experimentell untersucht. Die hieraus gewonnenen Informationen, z.B. zur Einstellung geeigneter Benetzungseigenschaften, dienten in der zweiten Phase als Basis für den Aufbau eines Sensor-Arrays, mit dem eine Mehrphasenströmung zwei-dimensional visualisiert und vermessen werden kann.

Grundlage des optischen Meßsystems ist, dass die aus einer Faser ausgekoppelte Lichtmenge außer von geometrischen Einflussgrößen vom Brechungsindexverhältnis der Faser zur benetzenden Phase abhängt. Das neu entwickelte Verfahren nutzt diese Abhängigkeit des Auskoppelungswirkungsgrades zur Detektion der an der Sensorspitze anliegenden fluiden Phase aus. Das Messvolumen eines einzelnen Sensors ist somit auf die benetzte Grenzfläche zwischen Sensorspitze und Fluidelement begrenzt. Beim Aufprall eines Fluidelements auf den Sensor vergrößert sich, sofern der Brechungsindex des Elements größer ist als derjenige der Umgebung, der Auskoppelungswirkungsgrad, und die von der Sensorspitze zurück in die Faser reflektierte Lichtmenge nimmt ab. Die Intensitätsabnahme ist mit einer Photodiode oder einer CCD-Zeilenkamera detektierbar. Nach Kalibrierung des Sensors mit zwei exakt definierten Standards kann der Brechungsindex des an der Sensorspitze anliegenden Fluids aus der Signalintensität bestimmt werden. Sphärische Fluidelemente zeigen Eigenschaften, wie sie von optischen Resonatoren wie z.B. kugelförmigen Linsen bekannt sind. Während der Kontaktzeit von Sensor und sphärischen Fluidelementen steigt die gemessene Signalstärke exponentiell an und zeigt eine deutliche Intensitätsmodulation. Durch Auswertung der Tropfsignale konnte gezeigt werden, dass die gemessenen Modulationsfrequenzen mit den Oberflächenschwingungen der Tropfen identisch sind. Durch Simulation von Tropfenschwingungen und Berechnung der zugehörigen Frequenzspektren ist es möglich, die Tropfengröße und die Relativgeschwindigkeit zum Fasersensor zu berechnen.

Für die Auswertung der Frequenzspektren ist es notwendig, die aufgenommen Rohdaten mit Hilfe eines mathematischen Filters zu entrauschen. Hierzu wurde ein auf der Wavelet-Transformation basierender Entrauschalgorithmus verwendet. Der Waveletfilter benutzt die Multiskalen-Wavelet-Transformation zur Detektion und Eliminierung von weißem Rauschen im Gesamtsignal.

Das entwickelte Sensor Array ermöglicht die Messung der Phasen- und Konzentrationsverteilung einer Substanz in einem zweidimensionalen Schnitt durch die Mehrphasenströmung. Begrenzt wird dieses Messverfahren lediglich durch die räumlich begrenzte Auflösung von z.Z. 0,6 mm und der maximalen Abtastrate von 120 kHz bei 500 Sensoren.