

Berichte aus der Strömungstechnik

Perrine Debaene

**Neuartige Messmethode zur
zeitlichen und örtlichen Erfassung
der wandnahen Strömung
in der Biofluidmechanik**

D 83 (Diss. TU Berlin)

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.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2005

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 3-8322-4116-7

ISSN 0945-2230

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

Die Biofluidmechanik ist ein interdisziplinärer Bereich, in dem Ingenieure und Mediziner an der Erforschung der Interaktion zwischen Strömung und physiologischen oder pathologischen Ereignissen zusammenarbeiten. Schon im Jahr 1856 postulierte Rudolf Virchow, dass Gefäßwand, Beschaffenheit des Blutes und Blutströmung an pathologischen Phänomenen wie Arteriosklerose oder Thrombusbildung beteiligt sind. Der genaue Einfluss der Strömungsbedingungen auf die biologischen Vorgänge bleibt jedoch ungeklärt. Insbesondere ist der Einfluss der Wandschubspannung noch nicht vollständig quantifiziert worden. Die Wandschubspannung ist aber ein entscheidender Parameter, weil sie sowohl die Struktur und Funktion der Endothelzellen als auch das Verhalten der Thrombozyten beeinflusst.

Bis jetzt fehlte eine leistungsfähige Messmethode zur Erfassung der wandnahen Geschwindigkeitsverteilung und zur Errechnung der Wandschubspannung in Strömungen, die in medizinisch relevanten Fragestellungen auftreten. Gründe hierfür sind vor allem die Komplexität und die Pulsatilität der Strömung sowie die Wölbung der Strömungsmodellwände.

Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung und die Validierung eines neuartigen Messverfahrens zur berührungslosen, flächenhaften Erfassung komplexer wandnaher Scherströmungen, welches auch bei pulsatischen Strömungsbedingungen und an gewölbten Oberflächen einsetzbar ist.

Das neue Verfahren beruht auf der Beobachtung und Auswertung der Strömung in der Nähe der Wand. Dazu werden monodisperse, lichtreflektierende Partikel, die der Strömung folgen, dem Fluid beigefügt. Das Strömungsmodell wird frontal mit diffusem Licht beleuchtet. Durch Einfärbung des Modellfluids kann die Eindringtiefe des Lichts in das Strömungsmodell und damit die Tiefe des wandnahen Untersuchungsgebietes beeinflusst werden. Abhängig von ihrem Wandabstand erscheinen die Partikel in der beleuchteten Strömungsschicht mehr oder weniger hell. Es existiert also eine Korrelation zwischen dem Grauwert eines Partikels und seinem Wandabstand. Diese Korrelation kann experimentell ermittelt werden. Mit den Methoden der Bildverarbeitung werden die Partikel einzelnen Grauwertbereichen zugeordnet. Jeder Grauwertklasse wird wiederum über die ermittelte Korrelationskurve ein Wandabstand zugeordnet. Folglich kann die wandnahe Strömung in Schichten gleichen Wandabstands aufgelöst werden. Durch die Aufnahme von Bildpaaren werden dann mittels der Kreuzkorrelationsmethode Geschwindigkeitsfelder der einzelnen Schichten gewonnen.

Das neuartige Verfahren wurde durch Messungen an vier verschiedenen Strömungsmodellen validiert. Die durchgeführten Experimente bewiesen die Leistungsfähigkeit des Verfahrens.

Die Messgenauigkeit kann durch die Verbesserung der Partikeleigenschaften, der Bildverarbeitung und der Auswertungsmethode noch erhöht werden. Zudem kann das Verfahren prinzipiell für die Erfassung der Scherströmung an beweglichen Wänden erweitert werden.