

INHALTSVERZEICHNIS

1. KAPITEL. EINLEITUNG

1.1) Problemstellung und Motivation	1
1.2) Stand der Technik	3

2. KAPITEL. GRUNDLAGEN DER LASER-DOPPLER-TECHNIK

2.1) Die Laser-Doppler-Technik	6
2.1.1) Der Doppler-Effekt	6
2.1.2) Optischer Überlagerungsempfang	10
2.2) Das Interferenzstreifenmodell	11
2.3) Aufbau und Eigenschaften von Laser-Doppler-Velozimetern	13
2.3.1) Das LDA als Mach-Zehnder-Interferometer	13
2.3.2) Achromatisches LDA für die Mehrwellenlängennutzung	16

3. KAPITEL. EINFLUSS VON WELLENFRONTKRÜMMUNG UND KOHÄRENZ AUF DAS INTERFERENZSTREIFENSYSTEM EINES MACH-ZEHNDER-INTERFEROMETERS

3.1) Eigenschaften des Gaußschen Strahls	20
3.2) Größe und Form des Interferenzstreifensystems	22
3.3) Einfluß der Wellenfrontkrümmung auf das Interferenzstreifensystem	23
3.4) Multimodige Lichtausbreitung	28
3.5) Einfluß der zeitlichen Kohärenz	30
3.6) Einfluß der örtlichen Kohärenz. Das MZI als „örtlicher Autokorrelator“	32

4. KAPITEL. NEUARTIGE MEBPRINZIPIEN

4.1) Ausnutzung der Kohärenzeigenschaften: Multimode-LDA	35
4.1.1) Motivation	35
4.1.2) Einfluß der örtlichen Kohärenz bei einem Mach-Zehnder-Interferometer	36
4.1.3) Untersuchungen zum Speckle-Effekt	44
4.1.4) LDA mit Multimode-Strahlung	49
4.1.5) Zusammenfassung	51

4.2) Ausnutzung der Wellenfrontkrümmung: Divergenz-Profilsensor	52
4.2.1) Das Konzept des Geschwindigkeits-Profilsensors. Vorbetrachtungen	52
4.2.2) Das Prinzip	55
4.2.3) Aufbau und Charakterisierung des Sensors	57
4.2.4) Untersuchungen zur Meßunsicherheit	59
4.2.5) Verwendung diffraktiver Mikrooptik	61
4.3) Auswertung der Interferenzphase: Quadratur-Homodyn-LDA und Phasen-Profilsensor	66
4.3.1) Vorbetrachtungen	67
a) Anpassung der Streifenabstandsfunktionen	67
b) Phasenschiebung durch Materialdispersion	69
4.3.2) Homodyn-LDA zur Richtungssinnerkennung	71
a) Motivation	71
b) Das Prinzip	72
c) Aufbau und Charakterisierung des Sensors	73
d) Quadratur-Homodyn-LDA mit Multimode-Strahlung	77
4.3.3) Geschwindigkeitsprofilsensor für örtlich hochauflösende Messungen	80
a) Das Prinzip	80
b) Charakterisierung des Sensors	81
c) Bestimmung der Meßunsicherheit	83
4.4) Spektroskopische Auswertung der Doppler-Verschiebung: Doppler-Global-Velozimetrie (DGV)	86
4.4.1) Konventionelle Doppler-Global Velozimetrie	86
4.4.2) Vereinfachter Frequenzmodulations-DGV-Arraysensor	89
a) Das Prinzip	89
b) Der experimentelle Aufbau	90
c) Die Ergebnisse	91

5. KAPITEL. EXPERIMENTELLE METHODEN ZUR LDA-CHARAKTERISIERUNG

5.1) Vermessung von Strahlparametern	94
5.2) Vermessung des Interferenzstreifensystems	95

6. KAPITEL. QUALIFIZIERUNG VON NEUARTIGEN LASERN

6.1) Vorbetrachtungen	98
6.2) Scheibenlaser	100
6.3) Faserlaser	102
6.4) Breitreifendioden	104
6.5) Zusammenfassung	109

7. KAPITEL. ANWENDUNG DER UNTERSUCHTEN SENSOREN

7.1) Fundamentalgleichungen der Strömungsmechanik	111
7.2) Rohrströmung	113
7.3) Laminare Grenzschichtströmung: Die Blasius-Grenzschicht	114
7.4) Strömungsmessungen mit dem Multimode-Faser-LDA	117
7.5) Strömungsmessungen mit dem Divergenz-Profilsensor	121
7.6) Strömungsmessungen mit dem Phasen-Profilsensor	125

8. KAPITEL. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

8.1) Zusammenfassung	128
8.2) Bewertung der untersuchten Sensoren. Ausblick	132

ANHANG

A: Zur Optimierung des Divergenz-Profilsensors	135
B: Formelzeichen- und Akronymverzeichnis	137
C: Literatur	139
D: Publikationen	147
E: Lebenslauf	151
Danksagung	