

Dipl.-Ing. Olaf Sieber, Hamburg

**Quantitative Dichtefeld-
messung mit Rayleigh-
Streulicht am Laufschaufel-
profil VKI-1 und Vergleich
mit einer numerischen
Simulation**

Reihe **7**: Strömungstechnik

Nr. **301**

Inhalt

Bezeichnungen		Seite
I	Einleitung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Überblick über optische Strömungsmeßtechnik	2
1.3	Einsatz der Rayleigh-Streulichtauswertung bei der Untersuchung von Strömungsvorgängen	5
1.4	Aufgaben- und Problemstellung	7
2	Theorie der Rayleigh-Streulichtmessung	9
2.1	Rayleigh-Streuung	9
2.2	Unterschiede bei trockener und feuchter Luft	17
2.3	Abgrenzung gegenüber Mie- und Raman-Streuung	17
3	Beschreibung des Meßaufbaus	21
3.1	Gitterwindkanal	21
3.1.1	Druck- und Temperaturmessung	22
3.2	Optischer Meßaufbau	24
3.2.1	Excimerlaser	24
3.2.2	CCD-Kamera	26
3.2.3	Steuerung der Meßbildaufnahme	27
3.2.4	Laserstrahlführung	28
3.2.5	Falschlichtunterdrückung	30
3.3	Untersuchte Konfiguration	31
4	Versuchsdurchführung und Auswerteverfahren	33
4.1	Meßprogramm und Strömungsbedingungen	33
4.2	Beschreibung des Meßverfahrens	34
4.2.1	Bestimmung der Dichtefelder	34
4.2.1.1	Normierung der Bilder	35
4.2.1.2	Umrechnung der Faktoren mit dem Energiemonitorverhältnis	36
4.2.1.3	Berechnung der Dichtewerte mit der Normierungsdichte	41
4.2.2	Bestimmung der Teilung und des Aufpunktes	41
4.2.3	Auflösung der Messung	42

4.2.4	Verschmutzung der Meßfenster	43
4.2.5	Grenzen des Meßverfahrens	44
4.2.5.1	Staubpartikel und Kondensation	44
4.2.5.2	Messung in der Nähe von Oberflächen	47
5	Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Meßverfahrens	51
5.1	Photonenrauschen	51
5.2	Energimonitor	56
5.3	Eingangsfehler	66
6	Numerische Strömungssimulation	67
6.1	Übersicht über Berechnungsbeispiele am Laufschaufelprofil VKI-1	67
6.2	Auswahl eines numerischen Lösungsverfahrens	69
6.3	Charakteristiken des verwendeten Rechenverfahrens	70
6.4	Vergleich der Rechenergebnisse auf unterschiedlichen Rechnernetzen	71
6.5	Vergleich der Simulation reibungsfreier und reibungsbehafteter Strömung	79
7	Ergebnisse der quantitativen Dichtemessung und Vergleich mit der numerischen Simulation	82
7.1	Messungen in Kanalmitte parallel zur Gitterfront	82
7.2	Ergebnisse der Sondenmessung	87
7.3	Messungen über die Schaufelhöhe	91
8	Zusammenfassung	95
9	Ausblick	97
10	Literaturverzeichnis	99