

M. Ing. Michael G. Beiler, Netphen

**Untersuchung der drei-
dimensionalen Strömung
durch Axialventilatoren mit
gekrümmten Schaufeln**

Reihe **7**: Strömungstechnik

Nr. **298**

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	VII
1 Einleitung	1
1.1 Aerodynamik eines Tragflügels mit Pfeilung und V-Stellung	2
1.2 Anwendungen auf Turbomaschinen	3
1.2.1 Entwurfsverfahren	3
1.2.2 Theoretische und experimentelle Ergebnisse	5
1.2.3 Zusammenfassung	6
1.3 Ziel und Inhalt der Arbeit	7
2 Theorie der Pfeilung und V-Stellung	9
2.1 Strömung auf achsensymmetrischen Flächen	9
2.2 Der Einfluß der Pfeilung und V-Stellung	12
2.3 Der radiale Druckgradient	14
2.4 Radialströmung bei gepfeilten Tragflügeln	15
2.5 Der Wandeinfluß bei gepfeilten Tragflügeln	17
3 Auslegung der Laufradschaufeln	21
4 Numerische Strömungsberechnung	25
4.1 Rechenverfahren	25
4.2 Netzgenerierung	27
4.3 Randbedingungen	28
4.4 Rechnungen	30
4.5 Auswertung	30
5 Versuchseinrichtung und Meßtechnik	32
5.1 Übersicht	32
5.2 Versuchsaufbau	33
5.2.1 Prüfstand	33
5.2.2 Laufradherstellung	35
5.2.3 Meßwertaufnahme	35
5.3 Geschwindigkeitsmessungen	36
5.3.1 Grundlagen	36
5.3.2 Verwendete Sonden	37
5.4 Druckmessungen	39
5.5 Auswertung	41
5.5.1 Kennlinienmessungen	41
5.5.2 Stromfeldmessungen	42
5.6 Meßunsicherheit	43

6	Exemplarische CFD–Ergebnisse und Vergleich mit Messungen	44
6.1	Geschwindigkeits- und Druckverteilungen	44
6.1.1	3D–Ergebnisse	44
6.1.2	Umfangsgemittelte Ergebnisse	52
6.2	Zusätzliche Überprüfung der CFD–Ergebnisse	58
6.3	Kennlinien	61
7	Ergebnisse der Variation der Schaufelkrümmung	63
7.1	Die Strömung bei Umfangskrümmung ($\sigma = 0^\circ$)	63
7.2	Die Strömung bei gepfeilten Schaufeln ($\nu = 0^\circ$)	69
7.3	Der Wandeinfluß	72
7.4	Globale Größen	73
8	Erweitertes Auslegungsverfahren	78
8.1	Strömungskinematik	78
8.2	Tragflügeltheorie	83
8.3	Schaufelgeometrie	85
8.4	Beispielauslegungen	86
9	Zusammenfassung und Ausblick	91
	Anhang	94
A	Grundgleichungen der Turbomaschinenströmung	94
A.1	Transportgleichung	94
A.2	Entropiegleichung	95
A.3	Kontinuitätsgleichung	95
A.4	Bewegungsgleichung	96
A.5	Drehimpulsgleichung	97
A.6	Energiegleichung	98
A.7	Wirkungsgrad	99
B	Winkelbeziehungen für σ und δ	101
C	Hitzdrahtanemometrie	103
C.1	Tripelhitzelementsonde	103
C.2	Kalibrierung	106
D	Meßunsicherheit	109
E	Entropiegradient	113
F	Auslegungsdaten	115
	Literatur	122