

Dipl.-Ing. Ernst Wilhelm Pfitzinger, Hannover

**Kennfeldberechnung  
für Axialverdichter  
mit systematischer  
Untersuchung der Verlust-  
und Umlenkeigenschaften  
von Schaufelgittern**

Reihe **7**: Strömungstechnik

Nr. **337**

# Inhalt

<b>Formelzeichen</b>	<b>VIII</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>XII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Der Einsatz von CFD im Auslegungsprozeß von Axialverdichtern . . . . .	2
1.2 Die zweidimensionale Meridianströmungsrechnung . . . . .	8
1.3 Ziel der Arbeit und Aufgabenstellung . . . . .	10
<b>2 Stand der Forschung:</b>	
<b>Modellierung der zweidimensionalen Verdichterströmung</b>	<b>13</b>
2.1 Lösungsmethoden . . . . .	13
2.2 Strömungswinkel . . . . .	14
2.3 Profilverluste . . . . .	21
2.4 Blockage und Verluste der Seitenwandgrenzschichten . . . . .	24
2.5 Einflüsse von Sekundär- und Spaltströmungen . . . . .	25
2.6 Radiale Austauschvorgänge . . . . .	27
2.7 Haftbedingung an den Seitenwänden . . . . .	31
2.8 Pumpgrenzvorhersage . . . . .	33
<b>3 Das Meridianströmungsverfahren FES2M</b>	<b>34</b>
3.1 Grundgleichungen und Lösungsmethode . . . . .	34
3.2 Transsonische Strömung . . . . .	37
3.3 Verlust- und Umlenkmodellierung . . . . .	43

3.4 Die Strömung in den Randzonen . . . . .	45
3.4.1 Integralverfahren nach Hirsch . . . . .	46
3.4.2 Empirisches Modell nach Koch und Smith . . . . .	47
3.5 3D-Effekte . . . . .	52
3.5.1 Mehr- und Minderumlenkung . . . . .	53
3.5.2 Sekundär- und Spaltströmungsverluste . . . . .	57
3.6 Radiale Mischung . . . . .	59
3.6.1 Auswahl des Mischungsmodells . . . . .	59
3.6.2 Die Grundgleichungen mit turbulenter radialer Mischung . . . . .	61
3.6.2.1 Kontinuitätsgleichung . . . . .	62
3.6.2.2 Hauptbewegungsgleichung . . . . .	62
3.6.2.3 Zweite Bewegungsgleichung (Drallgleichung) . . . . .	64
3.6.2.4 Energiegleichung . . . . .	64
3.6.2.5 Entropiegleichung . . . . .	65
3.6.3 Randbedingungen . . . . .	65
3.6.4 Bestimmung des Mischungskoeffizienten . . . . .	66
3.6.5 Numerische Umsetzung und Einbindung in das Rechenverfahren . . . . .	67
3.6.6 Testrechnung: 1-stufiger Verdichter mit Ringkanal . . . . .	70
3.7 Die Grenzen des Arbeitsbereiches . . . . .	72
<b>4 Charakteristiken der 2-dimensionalen Gitterströmung</b>	<b>74</b>
4.1 Einflußfaktoren . . . . .	75
4.1.1 Geometrie des Profils . . . . .	75
4.1.2 Geometrie des Gitters . . . . .	77
4.1.3 Aerodynamische Randbedingungen . . . . .	77
4.2 Anforderungen an einen Datensatz von Gittercharakteristiken . . . . .	78
4.3 Experimentelle Bestimmung . . . . .	79
<b>5 Berechnung von Gittercharakteristiken</b>	<b>81</b>
5.1 Anforderungen an ein S1-Rechenverfahren . . . . .	84
5.2 Nachrechnen von Gittercharakteristiken mit STAR-CD . . . . .	85
5.2.1 Notwendige Vorarbeiten . . . . .	86
5.2.2 Ergebnisse . . . . .	89
5.3 Nachrechnen von Gittercharakteristiken mit MISES . . . . .	95
5.3.1 Notwendige Vorarbeiten . . . . .	95
5.3.2 Ergebnisse . . . . .	97
5.4 Gegenüberstellung und Bewertung der Ergebnisse . . . . .	107

<b>6 Modellierung von Gittercharakteristiken im Meridianströmungsverfahren</b>	<b>108</b>
6.1 Korrelationen .....	108
6.1.1 Der Korrelationsgenerator CORGEN .....	109
6.1.2 Der Korrelationsinterpret CORREL .....	115
6.1.3 Korrelationen für berechnete Charakteristiken (STAR-CD) .....	117
6.2 Interpolation .....	119
6.2.1 Vervollständigen und Verdichten des Ausgangsdatensatzes .....	119
6.2.2 Mehrdimensionale, lineare Interpolation .....	122
6.2.3 Interpolation aus berechneten Charakteristiken (MISES) .....	123
6.3 Gegenüberstellung .....	124
<b>7 Kennfeldrechnungen mit berechneten Gittercharakteristiken</b>	<b>126</b>
7.1 Inkompressibler 2-stufiger Versuchsverdichter .....	127
7.2 Hochbelasteter 3-stufiger Versuchsverdichter .....	130
7.3 17-stufiger Gasturbinenverdichter .....	137
<b>8 Zusammenfassung</b>	<b>148</b>
<b>Anhang</b>	<b>151</b>
A.1 Grundgleichungen .....	151
A.2 Differenzenquotienten .....	158
A.3 AVDR-Korrelationen .....	159
<b>Literatur</b>	<b>161</b>