

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Festlegung des Koordinatensystems und Winkelkonvention	3
2.2. Ebenenbezeichnung	4
2.3. Theorie der Auslegung von Radialturbinen	5
2.3.1. Die Arbeitsumsetzung in einer Turbomaschine	5
2.3.2. Die erweiterte Form der Eulergleichung	6
2.3.3. Der Laufradwirkungsgrad	7
2.3.4. Auslegung nach Kennzahlen	10
2.3.5. Der relative Kanalwirbel	13
2.4. Die numerische Stromungssimulation	18
2.4.1. Mathematische Grundlagen	18
2.4.2. Praktische Anwendung der numerischen Strömungssimulation	20
2.4.3. Vernetzung	20
2.4.4. Turbulenzmodelle	23
2.4.5. Randbedingungen	25
3. Stationäre Untersuchung des Laufrades	27
3.1. Stand der Technik	28
3.1.1. Auslegung der Laufradanstromung	28
3.1.2. Bestimmung der Schaufelanzahl	30
3.1.3. Bestimmung des Wirkungsgrades	32
3.1.4. Auslegung der Laufradabstromung	38
3.2 Methodik	39
3.3. Das Basismodell	40
3.3.1. Modellbeschreibung	40
3.3.2. Numerisches Modell	41
3.3.3. Netzunabhängigkeitsstudie	43
3.3.4. Validierung mit experimentellen Ergebnissen	43
3.3.5. Bestimmung von optimalem Massenstrom und Eintrittswinkel	45
3.4. Einfluss des Schaufelaustrittswinkels	52
3.4.1. Simulationsmodelle	52
3.4.2. Ergebnisse	53
3.4.3. Einfluss auf die Minderumlenkung	54
3.5. Einfluss der Schaufelanzahl	56

3.5.1	Simulationsmodelle	56
3.5.2	Ergebnisse	56
3.5.3	Einfluss auf die Minderumlenkung	59
3.6	Einfluss der Schaufeleintrittshöhe	60
3.6.1	Simulationsmodelle	60
3.6.2	Ergebnisse	60
3.7	Einfluss des Schaufelkopfespaltes	63
3.7.1	Simulationsmodelle	63
3.7.2	Ergebnisse	64
3.8	Einfluss der Grenzschicht bzw. der Wandreibung	66
3.8.1	Simulationsmodelle	66
3.8.2	Ergebnisse	66
3.9	Zusammenfassung des Kapitels	69
3.9.1	Bedingungen für eine optimale Anströmung	69
3.9.2	Bedingungen für eine optimale Abstromung	70
3.9.3	Bestimmung des Laufradwirkungsgrades	71
4.	Stationäre Untersuchung der Spirale	73
4.1	Auslegung von Spiralgehäusen	73
4.1.1	Berechnung der Spiralquerschnitte	75
4.2	Stand der Technik	77
4.2.1	Drallreduzierende Effekte	77
4.2.2	Reibungsverluste	77
4.2.3	Die Spiralabstrombedingungen	78
4.3	Berechnung von Normspiralen	80
4.3.1	Vernetzung und numerische Randbedingungen	81
4.3.2	Ergebnisse der Stromungssimulation	82
4.4	Parameterstudie zur Quantifizierung des Zungeneinflusses	87
4.4.1	Modellbeschreibung	87
4.4.2	Definition der Studien	91
4.4.3	Die Spiralabstromung	92
4.4.4	Der Totaldruckverlust	94
4.4.5	Ergebnisse der Stufenmodelle	102
5.	Instationäre Untersuchung der Stufe	107
5.1	Simulationsmodell der Stufe	108
5.2	Ergebnisse der Stufenberechnung	110
6.	Instationäre Betriebszustände	115
6.1	Wirkungsweise eines Verbrennungsmotors	116
6.2	Der Abgasturbolader	117
6.2.1	Wirkungsweise des Abgasturboladers	117
6.2.2	Aufbau des Abgasturboladers	118
6.2.3	Die Stoßaufladung	119
6.3	Modellbildung	120
6.3.1	Auswahl des Verbrennungsmotors	120
6.3.2	Simulationsmodell	121
6.4	Ergebnisse	123
6.4.1	Ergebnisse des Laufradmodells	123

6.4.2 Vergleich des Laufradmodells mit dem Stufenmodell	126
6.4.3 Vergleich des instationären mit dem stationären Verhalten	131
6.4.4 Vergleich verschiedener Laufradmodelle	134
7. Zusammenfassung	139
A. Anhang	143
B. Abbildungsverzeichnis	149
C. Tabellenverzeichnis	153
D. Literatur	155