

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einführung	1
1 Gesamtanlage	6
Einleitung	6
1.1 System-Auslegung	9
1.1.1 Konzept	9
1.1.2 Optimierung	12
1.1.3 Rechenverfahren	13
1.1.4 Arbeitsmittel	14
1.1.5 Energiequellen	16
1.1.6 Spezielle Komponenten	18
1.2 Betriebsverhalten	19
1.2.1 Stationäres Betriebsverhalten	20
1.2.2 Dynamisches Betriebsverhalten	21
1.2.3 Ungewöhnliche Betriebszustände	22
1.2.4 Gegenseitige Beeinflussung von Komponenten	24
1.2.5 Installation, äußere Störungen	25
1.3 Umweltverträglichkeit	26
1.3.1 Geräusch	27
1.3.2 Abgas	28
1.3.3 Abwärme	28
1.4 Regelung	29
1.4.1 Regelungskonzepte	30
1.4.2 Regelungskomponenten	32
1.5 Überwachung	34
1.5.1 Thermodynamische Methoden	36
1.5.2 Akustisch-schwingungstechnische Methoden	37
1.5.3 Sonstige Methoden	38

	Seite
2 Aerodynamik der Turbomaschinen	40
Einleitung	40
2.1 Stationäre Strömung	42
2.1.1 Gitterströmung	43
2.1.2 Meridianströmung	45
2.1.3 Räumliche Strömung	47
2.2 Instationäre Strömung	49
2.2.1 Anregung von Schaufelschwingungen	50
2.2.2 Verluste und Arbeitsbereich	53
2.2.3 Schallentstehung	54
2.3 Strömungen in Grenzschichten und Randzonen	56
2.3.1 Profilgrenzschicht	57
2.3.2 Wandgrenzschicht, Ecken- und Spaltströmung	58
2.3.3 Nachlaufströmungen	60
2.3.4 Beeinflussung von Grenzschicht- und Randströmung	61
2.4 Fluidverhalten	62
2.4.1 Realgaseffekte	63
2.4.2 Chemische Reaktionen	65
2.4.3 Mehrphasenströmung	66
2.5 Auslegung und Optimierung	68
2.5.1 Auslegungsunterlagen	69
2.5.2 Optimierung	71
2.6 Betriebsverhalten der Maschine	74
2.6.1 Kennfeldrechenverfahren	74
2.6.2 Strömungsinstabilitäten	78
2.6.3 Einbau- und Oberflächeneffekte	81
2.6.4 Ähnlichkeit	83
2.6.5 Variable Geometrie, Teilbeaufschlagung	84
2.6.6 Schallausbreitung und -dämpfung	86

	Seite
3 Strömung und Verbrennung in Brennkammern	89
Einleitung	89
3.1 Analyse der grundlegenden Vorgänge in Flammen und Brennkammern	91
3.1.1 Strömung und Verbrennung	91
3.1.2 Reaktionskinetik, Brennstoffe	95
3.2 Verbesserung von Methoden für die Auslegung und Berechnung von Brennkammern	98
3.2.1 Auslegung von Brennkammern	99
3.2.2 Berechnung der Vorgänge in Brennkammern	101
3.3 Entwicklung und Optimierung von Brennkammerelementen und neuen Brennkammerkonzepten	104
3.3.1 Entwicklung und Optimierung von Brennkammerelementen	104
3.3.2 Neue Brennkammerkonzepte	108
4 Bauteilkühlung und Wärmeübertrager	113
Einleitung	113
4.1 Kühlungsaufgaben	118
4.1.1 Schaufelkühlung	118
4.1.2 Kühlung von Heißgasführungen	123
4.1.3 Rotorkühlung	126
4.1.4 Brennkammerkühlung	130
4.2 Wärmeübertrager	133
5 Strukturmechanik und Konstruktion	137
Einleitung	137
5.1 Statische Beanspruchung	140
5.1.1 Rotoren	140
5.1.2 Schaufeln	143
5.1.3 Gehäuse	145

	Seite
5.2 Dynamische Beanspruchung	146
5.2.1 Rotoren	146
5.2.2 Schaufeln und Gitter	148
5.2.3 Gehäuse	151
5.3 Weiterentwicklung von Lagern	152
5.3.1 Gleitlager	152
5.3.2 Luftlager	154
5.3.3 Wälzlager	154
5.3.4 Magnetlager	156
5.4 Dichtungen	156
5.5 Einfluß von Alternativwerkstoffen auf die Konstruktion	158
5.5.1 Faserverstärkte Werkstoffe	158
5.5.2 Keramik	160
5.6 Schadensursachen und Schadensverhütung	162
5.6.1 Beschädigung durch Fremdkörper	162
5.6.2 Erosion	163
5.6.3 Reibkorrosion, Schwingfestigkeit unter Reibbeanspruchung	165
6 Werkstoffe und Werkstofftechnologie	167
Einleitung	167
6.1 Werkstoffverhalten unter überwiegend mechanischen und mechanisch-thermischen Beanspruchungen	169
6.1.1 Zeitstandverhalten	169
6.1.2 Dehnungswechselverhalten	172
6.1.3 Schwingungsverhalten	175
6.1.4 Bruchmechanisches Verhalten	177
6.2 Werkstoffverhalten unter überwiegend korrosiven Beanspruchungen	180
6.2.1 Hochtemperaturkorrosion	180
6.2.2 Spannungsrißkorrosion	182
6.2.3 Schwingungsrißkorrosion	184
6.2.4 Erosionskorrosion und Reibkorrosion	186

	Seite
6.3 Werkstofftechnologie	187
6.3.1 Erschmelzen, Gießen und Erstarren	187
6.3.2 Pulvermetallurgie	189
6.3.3 Umformen	191
6.3.4 Fügen	192
6.3.5 Oberflächenveredeln	193
6.3.6 Verbundwerkstoffe	194
6.4 Werkstoffprüfung	196
6.4.1 Qualifikation neuer Werkstoffe	196
6.4.2 Ermittlung von Werkstoffkennwerten	197
6.4.3 Übertragbarkeit von Werkstoffkennwerten	198
6.4.4 Analyse von Werkstoffkennwerten	200
7 Meß- und Prüfverfahren	202
Einleitung	202
7.1 Messung von Wegen, Schwingungen und akustischen Größen	205
7.1.1 Weg- und Spaltmeßverfahren	205
7.1.2 Allgemeine Schwingungsmeßverfahren	207
7.1.3 Schwingungsmessungen an Schaufeln	208
7.1.4 Akustische Meßverfahren	209
7.1.5 Schallemissionsanalyse	210
7.2 Messung von Dehnungen, Spannungen und Kräften	211
7.2.1 Dehnungsmeßstreifen (DMS)	211
7.2.2 Spannungsoptik	212
7.2.3 Sonstige Spannungs-Dehnungsmeßverfahren	213
7.2.4 Kraft-, Momenten- und Torsionsmeßverfahren	215
7.3 Messung von Drücken, Geschwindigkeiten und Temperaturen	216
7.3.1 Druckmeßverfahren	216
7.3.2 Geschwindigkeitsmeßverfahren einschließlich Hitzdrahtmeßtechnik	217
7.3.3 Geschwindigkeitsmeßverfahren mittels L2F und LDA	218
7.3.4 Fluid-Temperaturmeßverfahren	219
7.3.5 Bauteil- und Oberflächen-Temperaturmeßverfahren	220

	Seite
7.4 Messung von Massenströmen, Energieströmen und Fluidbeschaffenheiten	222
7.4.1 Meßverfahren für Massenströme	222
7.4.2 Meßverfahren für Energieströme	223
7.4.3 Abgasmeßtechnik	224
7.4.4 Partikel- und Tröpfchenmeßverfahren	225
7.5 Spezielle optische, atomphysikalische und chemische Meßverfahren	226
7.5.1 Schlierentechnik und Interferometrie	226
7.5.2 Sichtbarmachungstechniken und Äquidensitenverfahren	227
7.5.3 Holographische Meßverfahren	228
7.5.4 Funkenblitzmethode	229
7.5.5 Atomphysikalische Meßverfahren	230
7.6 Überwachung, Datenübertragung, Schadensfrüherkennung und Lebensdauerermittlung	232
7.6.1 Überwachung und Datenübertragung	232
7.6.2 Schadensfrüherkennung	233
7.6.3 Lebensdauerermittlung	234
7.7 Werkstoffspezifische Meß- und Prüfverfahren	235
7.7.1 Allgemeine Meß- und Prüfverfahren	235
7.7.2 Zerstörungsfreie Meß- und Prüfverfahren	236
7.7.3 Korrosion und Erosion	237
8 Anhang	
Liste der beteiligten Institutionen und Personen	239