

Prof. Dipl.-Ing. Fritz Dietzel

# Gasturbinen

*kurz und bündig*

**Industrielle Gasturbinen-Anlagen  
Strahltriebwerke für den Flugbetrieb**

Grundlagen, Maschinen, ausgeführte  
Anlagen, Berechnungsbeispiele



**VOGEL-VERLAG**

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Einleitung</b> .....	8	3.5.	Verbrennungstemperatur, $T,s$ - und $h,s$ -Diagramm .....	44
<b>1.</b>	<b>Der offene Gasturbinen-Kreisprozeß</b> ..	9	3.6.	Brennkammern, Aufbau, Hauptabmessungen .....	51
1.1.	Aufbau des offenen, einfachen Prozesses; Darstellung im Wärmediagramm ..	9	3.7.	Allgemeine und Schaufelkühlungsprobleme .....	57
1.2.	Thermischer Wirkungsgrad, Arbeitsvermögen, Leistungsverhältnis .....	11	3.7.1.	Möglichkeiten für die Schaufelkühlung ..	57
1.3.	Prozeß mit Verlusten im $T,s$ -Diagramm ..	15	3.7.2.	Kühlluftmenge, spez. Leistung und thermischer Wirkungsgrad .....	59
1.3.1.	Kupplungswirkungsgrad $\eta_e$ des wirklichen Prozesses .....	15	<b>4.</b>	<b>Gasturbinen und Verdichter</b> .....	61
1.3.2.	Die spez. Leistung des wirklichen Prozesses $P_e/m_s$ in $\text{kW/kg s}^{-1}$ .....	16	4.1.	Strömungsvorgänge in der Turbine .....	61
1.3.3.	Einfluß von Druckverlusten und Ansaugtemperatur .....	17	4.1.1.	Austrittsgeschwindigkeiten bei Expansion .....	61
1.4.	Beschreibung ausgeführter Gasturbinenanlagen .....	19	4.1.2.	Die Kontinuitätsgleichung .....	62
1.4.1.	Propellerturbine für Flugzeugantrieb ..	19	4.1.3.	Die Strömungsquerschnitte innerhalb der Turbine .....	63
1.4.2.	Industrie-Gasturbinenanlage .....	20	4.1.4.	Beispiel zur Berechnung der Schaufellängen .....	63
1.5.	Offener Gasturbinenprozeß mit Wärmetauscher .....	23	4.2.	Impulssatz, Stufengefälle, Stufenwirkungsgrade .....	64
1.5.1.	Verlustloser Prozeß, thermischer Wirkungsgrad .....	23	4.2.1.	Den Läufer treibende Umfangskraft $F_u$ ..	64
1.5.2.	Wirklicher offener Prozeß mit Wärmetauscher .....	24	4.2.2.	Die Verteilung des Stufengefälles auf Leit- und Laufschaufeln .....	65
1.5.3.	Zusammenfassung .....	27	4.2.3.	Begriff und Verlauf des Umfangswirkungsgrades .....	66
1.6.	Offener Prozeß mit Zwischenkühlung und Zwischenerhitzung .....	28	4.2.4.	Das Stufengefälle .....	67
1.6.1.	Allgemeine Hinweise zum Prozeßablauf ..	30	4.2.5.	Beispiel zur Berechnung von $h_u$ , $h_t$ , $\eta_u$ .....	67
1.6.2.	Beispiel einer ausgeführten Anlage .....	32	4.2.6.	Axialschub .....	68
<b>2.</b>	<b>Der geschlossene Gasturbinen-Kreisprozeß</b> .....	34	4.2.7.	Spaltverlust und innerer Wirkungsgrad $\eta_i$ der Stufe .....	69
2.1.	Schaltplan und theor. Grundlagen des geschlossenen Gasturbinen-Kreisprozesses .....	34	4.3.	Hauptabmessungen und Stufenzahl der Gasturbine .....	70
2.2.	Wirklicher Prozeß und ausgeführte Anlagen .....	35	4.3.1.	Luftmengendurchsatz und Gesamtgefälle .....	70
<b>3.</b>	<b>Werkstoffe, Brennstoffe, Brennkammer und Wärmediagramme, Schaufelkühlung</b> .....	38	4.3.2.	Drehzahl, Stufenzahl, Raddurchmesser, Schaufellänge .....	71
3.1.	Zeitstandverhalten hochlegierter Werkstoffe .....	38	4.3.3.	Zwei Berechnungsbeispiele zum Entwurf der Gasturbine .....	72
3.2.	Metallische Werkstoffe .....	39	4.3.4.	Allgemeine Hinweise zu Entwurf und Leistungssteigerung bei Gasturbinen ..	77
3.3.	Gasturbinen-Brennstoffe .....	42	4.4.	Aufbau und Wirkungsweise der Verdichter .....	79
3.4.	Verschmutzung und Korrosion durch Brennstoffe .....	43	4.4.1.	Theoretische Grundlagen der Radial- und Axialstufe .....	79
			4.4.2.	Umfangskraft und Förderhöhe .....	80

4.4.3.	Beispiel zur Ermittlung der Förderhöhe	81	5.6.1.	Hinweise auf Besonderheiten des geschlossenen Prozesses	125
4.4.4.	Druckverhältnis, Förderhöhe, Stufenzahl	82	5.6.2.	Zwei ausgeführte geschlossene Gasturbinenanlagen	127
4.4.5.	Verdichtewirkungsgrade und Antriebsleistung, Beispiel	83	5.6.3.	Der geschlossene Prozeß in der Atom- energietechnik mit Helium als Arbeits- mittel	131
4.4.6.	Einfluß des Ansaugzustandes auf Durchsatz und Druckverhältnis	84	5.6.4.	Zwei in Ausführung befindliche Helium- anlagen	133
4.4.7.	Verdichterkennlinie, Pumpgrenze	85			
4.4.8.	Leistungssteigerung der Gasturbinen- anlage	89			
<b>5.</b>	<b>Gasturbinenanlagen für die Stromerzeugung und andere Antriebe</b>	<b>93</b>	<b>6.</b>	<b>Strahltriebwerke</b>	<b>135</b>
5.1.	Offener Prozeß mit Flugtriebwerken als Gaserzeuger	94	6.1.	Grundlegende Fragen zum Flugzeugantrieb	135
5.2.	Gasturbinen für direkten Stromerzeugerantrieb	97	6.1.1.	Antrieb durch Propeller, PTL-Triebwerk	136
5.3.	Kombinierte Gasturbinen-Dampfkraft-Anlagen	106	6.1.2.	Antrieb durch Strahltriebwerk, TL-Triebwerk	137
5.3.1.	Wärmetechnische Grundlagenfragen	106	6.1.3.	Das Zweistrom-Strahltriebwerk, ZTL-Triebwerk	137
5.3.2.	Gesichtspunkte für die Ausführung kombinierter Anlagen	107	6.2.	Der Kreisprozeß der Flugtriebwerke	138
5.3.3.	Druckgefeuerter Dampfkessel	108	6.2.1.	Die Strahlgeschwindigkeit	139
5.3.4.	Verhältnis Gasturbinen- zu Dampfturbinenleistung, Wirkungsgrad	108	6.2.2.	Zustandsverlauf im $T,s$ - und $h,s$ -Diagramm	140
5.3.5.	Zwei ausgeführte kombinierte Anlagen	109	6.3.	Leistungsangaben ausgeführter Flugtriebwerke	141
5.4.	Gasturbinenanlagen im Heizkraftwerk	112	6.3.1.	Wichtige Kenngrößen von PTL-, ZTL- und TL-Triebwerken	141
5.4.1.	Einige Begriffe aus der Heizwärmeversorgung	112	6.3.2.	Wellenleistungsantriebe (PTL-Triebwerke)	146
5.4.2.	Ausgeführte Gasturbinen-Heizkraftwerke, offener Prozeß	114	6.3.3.	TL- und ZTL-Antriebe	149
5.5.	Gasturbinen für Verdichter-, Schiffs- und Kfz-Antriebe	118	6.4.	Fragen zum Betriebsverhalten	152
5.5.1.	Gasturbinen als Verdichterantriebe Industrieflugtriebwerke für Verdichterstationen	118	6.4.1.	Optimale Verhältnisse für Gesamtwirkungsgrad und Schub, abhängig von der max. Gastemperatur, vom Druckverhältnis und von der Fluggeschwindigkeit; spez. Brennstoffverbrauch	152
5.5.2.	Gasturbinen als Schiffsantriebe	120	6.4.2.	Größen, die den Schub verändern	155
5.5.3.	Gasturbinen für Kfz-Antriebe	122	6.4.3.	Nachrechnung für ein Strahltriebwerk	157
5.6.	Gasturbinenanlagen für den geschlossenen Prozeß	125	6.4.4.	Kennfeld des Strahltriebwerkes, Einfluß von Druck und Temperatur auf den Startschub	161