

Thermodynamik II – Gruppenübung 10

Thema: Strömungs- und Arbeitsprozesse

Kurzfrage

Es werden die folgenden vier adiabaten Strömungsapparate betrachtet: Turbine, Verdichter, Düse & Diffusor. Geben Sie an (+, −, =), wie sich die in der Tabelle aufgeführten Zustandsgrößen eines Gases zwischen Aus- und Eintritt dieser Apparate verändern.

	h_{tot}	h	w	s	p	T
Düse						
Diffusor (geringe Dissipation)						
Turbine						
Verdichter						

Aufgabensammlung 9.3 (abgeändert)

9.3 Gasturbinenstrahltriebwerk

Bei einem Gasturbinenstrahltriebwerk eines Flugzeuges (Abbildung 3) tritt Luft im Zustand $\vartheta_0 = -37^\circ\text{C}$, $p_0 = 0,356 \text{ bar}$ (entsprechend 8 km Flughöhe) und mit der Fluggeschwindigkeit $w_0 = 990 \text{ km/h}$ in den adiabaten Diffusor ein, dessen Wirkungsgrad $\eta_{s,D} = 0,835$ beträgt. Die Geschwindigkeit w_1, w_2, w_3 und w_4 sollen vernachlässigbar klein sein. Der adiabate Verdichter hat einen isentropen Wirkungsgrad von $\eta_{s,V} = 0,85$ bei einem Druckverhältnis von $\pi = p_2/p_1 = 5$. Die Verbrennung in der Brennkammer wird gedanklich durch eine Wärmezufuhr zur Luft ersetzt, welche dabei die Temperatur $\vartheta_3 = 820^\circ\text{C}$ und den Druck $p_3 = 0,96 \cdot p_2$ erreicht. Die adiabate Turbine liefert eine Leistung, die gerade zum Antrieb des Verdichters ausreicht. Die aus der Turbine austretende Luft expandiert in der adiabaten Düse auf den Umgebungsdruck $p_5 = p_0$.

- Man berechne die Temperatur ϑ_1 und den Auslegungsdruck p_1 nach dem Diffusor, wobei die Luft als Ideales Gas mit $R = 0,2871 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ und konstanter spezifischer isobarer Wärmekapazität $c_p = 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ zu behandeln ist. Desweiteren darf angenommen werden, dass nach einer isentropen Zustandsänderung im Diffusor derselbe Druck vorliegt wie nach einer realen: $p_{1s} = p_1$.
- Wie groß ist die spezifische technische Arbeit des Verdichters? Welche Temperatur ϑ_2 und welcher Druck p_2 treten hinter dem Verdichter auf? Es gilt weiterhin $c_p = \text{konst.}$
- Der Durchmesser des Einlassquerschnitts des Diffusors beträgt 0,4 m und die Austrittsgeschwindigkeit des Strahls beträgt $w_5 = 724 \text{ m/s}$. Man berechne den Schub F_s und die Vortriebsleistung $P_{\text{Tr},S}$ des Triebwerks.
Es gilt dabei: $F_s = \dot{m}(w_5 - w_0)$ und $P_{\text{Tr},S} = F_s \cdot w_0$ aus der Mechanik bzw. Strömungsmechanik.
- Berechnen Sie den von der Luft aufgenommenen Wärmestrom \dot{Q}_{23} und den inneren Wirkungsgrad $\eta_i = \frac{|P_{\text{Tr}}|}{\dot{Q}_{23}}$ des Triebwerkes. Für die Nutzleistung der Anlage gelte: $P_{\text{Tr}} = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot (w_5^2 - w_0^2)$ es gelte wieder $c_p = 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} = \text{konst.}$
- Wie groß sind der Vortriebswirkungsgrad $\eta_{V_0} = \frac{P_{\text{Tr},S}}{P_{\text{Tr}}}$ und der Gesamtwirkungsgrad $\eta = \eta_i \cdot \eta_{V_0}$?

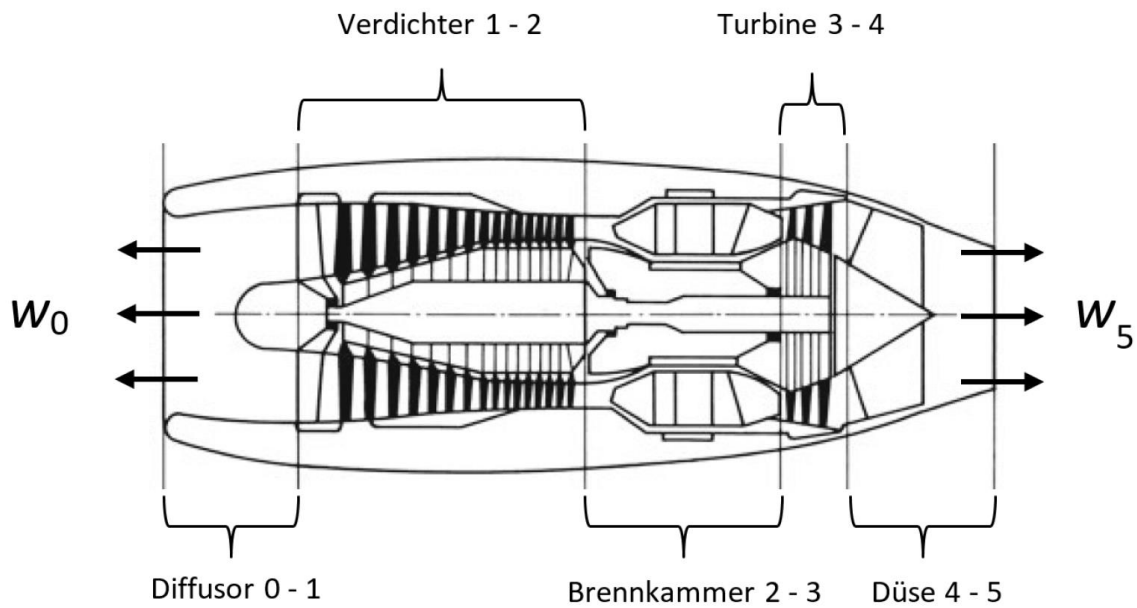


Abbildung 3: Schnitt eines Gasturbinenstrahltriebwerks mit Bezeichnung

Stoffdaten von Luft:

$\vartheta / ^\circ\text{C}$	$s^{\circ, \text{iG}} / \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$\bar{c}_p^{\text{iG}} _{0^\circ\text{C}}^\vartheta / \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
150	7,2168	1,0081
200	7,3306	1,0111
350	7,6165	1,0229
400	7,6984	1,0278
600	7,9819	1,0488
650	8,0442	1,0542
700	8,1038	1,0595
800	8,2156	1,0700
850	8,2683	1,0751