

Klausur
Strömungsmaschinen I
SoSe 2008

19. August 2008, Beginn 13:00 Uhr

Prüfungszeit: 90 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel sind:

- Vorlesungsskript (einschließlich handschriftlicher Notizen und Formelsammlung) und zugehörige Abbildungen
- Foliensatz
- Taschenrechner, Geodreieck, Zeichenmaterial

Andere Hilfsmittel, insbesondere:

- Alte Klausuren
- Übungen der Vorlesung
- Handy, Laptop, Fachbücher

sind nicht zugelassen.

Aufgabe	geschätzte Dauer	Punkte
1. Umlenkstufe	20 min	38
2. Axialturbine	30 min	36
3. Radialverdichter	40 min	44
Gesamt	90 min	118

Name, Vorname:

Matrikelnummer:

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!
Prof. J. Seume
A. Mohseni

1. Umlenkstufe

Für die Umlenkstufe (mit Umlenkrotorschafeln) einer Axialturbine gelten folgende Annahmen:

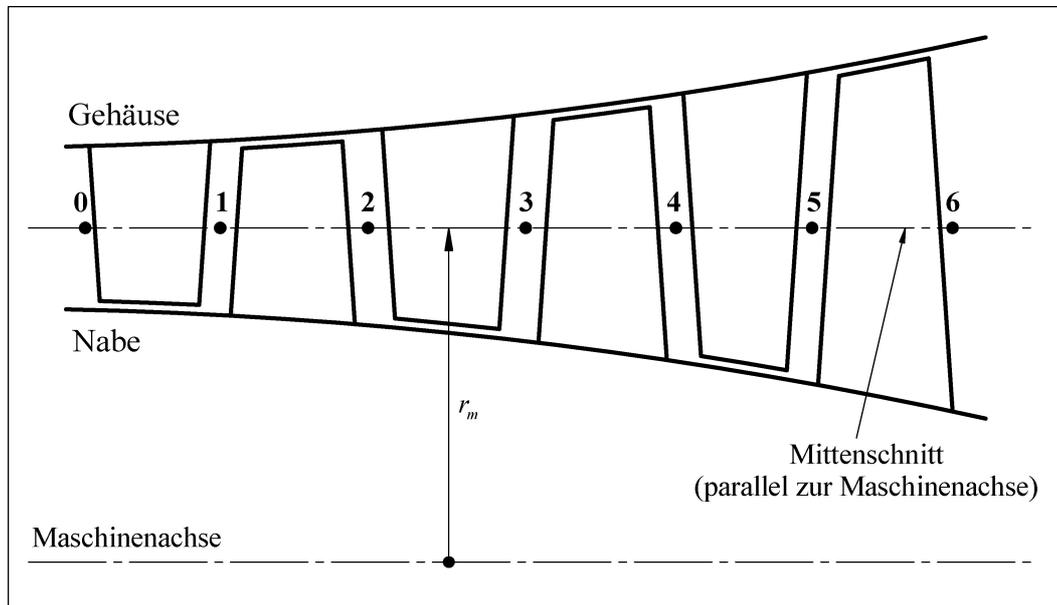
1. Strömung folgt den Schaufeln (Inzidenzwinkel gleich Null).
2. Strömung erfolgt adiabat.
3. Umfangsgeschwindigkeit ist konstant $u_1 = u_2$.

Aufgaben:

- a) Skizzieren Sie den Meridianschnitt dieser Stufe und skizzieren Sie darunter die entsprechenden Schaufelschnitte (jeweils zwei Profile). Zeichnen Sie die Kontrollebenen und die Drehrichtung ein. Kennzeichnen Sie Rotor, Stator und Strömungsrichtung.
- b) Zeichnen Sie das h-s-Diagramm für eine reibungsbehaftete Unterschallströmung. Zu kennzeichnen sind folgende Größen:
 1. Die polytropen statischen Zustandsänderungen zwischen allen Ebenen.
 2. Die polytropen Totalzustandsänderungen zwischen allen Ebenen.
- c) Berechnen Sie die statische Enthalpieänderung im Rotor $h_2 - h_1$ und den Zusammenhang zwischen der spezifischen Arbeit der Stufe und der kinetischen Energie einer reibungsfreien Strömung.
- d) Ist $p_1 > p_2$, $p_1 = p_2$ oder $p_1 < p_2$? Beweisen Sie.

2. Axialturbine

Die folgende Abbildung zeigt schematisch eine 3-stufige Axialturbine.



Drehzahl	$n = 25000$	1/min
Isentropenexponent	$\kappa = 1,4$	
Spezifische Wärmekapazität	$C_p = 1130$	J/(kg · K)
Total Druckverhältnis für jede Stufe	$\pi_{t,Stufe} = 2,1$	
Isentroper Wirkungsgrad basiert auf totale Zustände für jede Stufe	$\eta_{s,T,Stufe} = 91\%$	
Umfangsgeschwindigkeit im Mittenschnitt	$u_m = 414$	m/s
(absoluter) Totaldruck am Eintritt (Ebene 0)	$p_{t0} = 10$	bar
Totaltemperatur am Eintritt (Ebene 0)	$T_{t0} = 1380$	K

- Das Medium ist angenommen als ideales Gas.
- Annahmen:
 1. Strömung folgt den Schaufeln (Inzidenzwinkel gleich Null).
 2. Strömung erfolgt adiabat.
 3. Zuströmung ist drallfrei.
- Für das oben gegebene Total Druckverhältnis gilt:

$$\text{Total Druckverhältnis} = \pi_t = \frac{\text{absoluter Totaldruck am Eintritt}}{\text{absoluter Totaldruck am Austritt}} \quad (1)$$

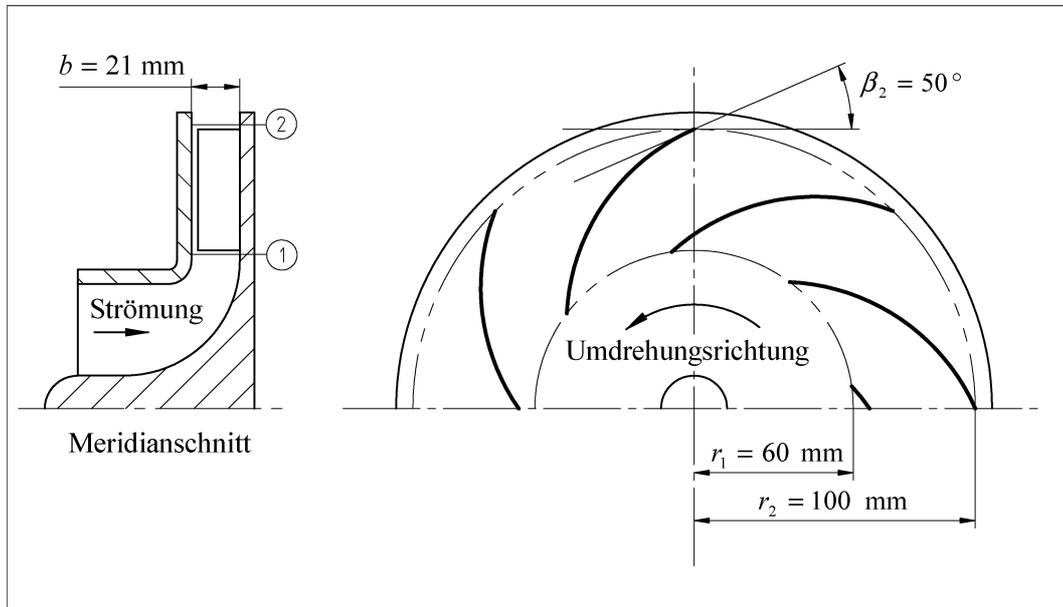
- Die Winkel beziehen sich auf die Umfangsrichtung.

Aufgaben:

- a) Berechnen Sie r_m .
- b) Berechnen Sie das gesamte Totaldruckverhältnis $\pi_{t,ges}$.
- c) Berechnen Sie die Totaltemperatur am Austritt $T_{t,6}$.
- d) Berechnen Sie den gesamten isentropen Wirkungsgrad $\eta_{s,T,ges}$ (basierend auf totale Zustände).
- e) Zeichnen Sie qualitativ das h-s-Diagramm der Turbine für eine reibungsbehaftete Unterschallströmung. Zu kennzeichnen sind folgende Größen:
 1. Die polytropen Totalzustandsänderungen zwischen allen Ebenen.
 2. Isentrope Totalzustandsänderung für die gesamte Turbine.
 3. Statischer Zustand in der Ebene 3. Kennzeichnen Sie die statische Drucklinie und die kinetische Energie.

3. Radialverdichter

Die folgende Abbildung zeigt schematisch ein einfaches Laufrad eines Radialverdichters.



Die Auslegungsbetriebsdaten sind:

(absoluter) Totaldruck am Eintritt	$p_{t1} =$	2,3	bar
Totaltemperatur am Eintritt	$T_{t1} =$	378	K
Statische Temperatur am Eintritt	$T_1 =$	363,3	K
Machzahl am Eintritt	$M_1 =$	0,45	
(absoluter) statischer Druck am Austritt	$p_2 =$	3,7	bar
Statische Temperatur am Austritt	$T_2 =$	462,1	K
Austrittswinkel (Siehe Abbildung)	$\beta_2 =$	50°	
Drehzahl	$n =$	21000	1/min
Isentropenexponent	$\kappa =$	1,4	
Gaskonstante	$R =$	287	J/(kg · K)

- Die Winkel beziehen sich auf die Umfangsrichtung.
- Medium: Luft, angenommen als ideales Gas.
- Annahmen:
 1. Die Strömung folgt den Schaufeln (Inzidenzwinkel gleich Null).
 2. Die Verdichtung erfolgt adiabatisch.
 3. Die Zuströmung ist drallfrei.

Aufgaben:

Zu berechnen sind:

- a) Umfangsgeschwindigkeit in den Ebenen 1 und 2 (u_1 und u_2).
- b) Absolute und relative Geschwindigkeit an der Ebene 1 (c_1 und w_1).
- c) Massenstrom \dot{m} .
- d) Zeichnen Sie das Geschwindigkeitsdreieck für die Ebenen 1 und 2. Berechnen Sie die absolute und die relative Geschwindigkeit (Betrag und Winkel) an der Ebene 2 (c_2 , α_2 , und w_2).
- e) Berechnen Sie die Leistung \dot{W} .