

Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik - TFD

**Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume**

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover 

Klausur  
Strömungsmaschinen  
WS 2007/2008

19. Februar 2008, Beginn 14:00 Uhr

Prüfungszeit: 90 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel sind:

- das Vorlesungsskript (einschließlich handschriftlicher Notizen) und die zugehörigen Abbildungen
- Taschenrechner, Geodreieck, Zeichenmaterial.

Andere Hilfsmittel, insbesondere Handys, PCs und Fachbücher und auch die Übungsmaterialien sind nicht zugelassen.

<b>Aufgabe</b>	<b>geschätzte Dauer</b>	<b>Punkte</b>
1. Schaufelgittertypen	10 min	16
2. Axialverdichter	35 min	59
3. Radiales Gleichgewicht	10 min	29
<b>Gesamt</b>	<b>55 min</b>	<b>102</b>

***Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!***

***Prof. J. Seume  
und E. Imetovski***

# 1) Schaufelgittertypen

In Strömungsmaschinen können folgende Gitterströmungen auftreten:

- A Umgelenkte Strömungen
- B Beschleunigte Strömungen
- C Verzögerte Strömungen mit Druckanstieg
- D Verzögerte Strömungen mit Druckabfall

Diese Strömungen sollen für ein gerades ebenes axiales (stehendes) Gitter betrachtet werden.

Aufgaben:

- a) Zeichnen Sie die den Fällen A-D entsprechenden Zustandsänderungen (totale und statische Zustände) in die in Abbildung 1 (siehe Seite 3) vorgesehenen  $h,s$ -Diagramme unter Berücksichtigung von Strömungsverlusten ein.
- b) Kennzeichnen Sie in Abbildung 2 die Bereiche, in denen für die jeweiligen Fälle die Zustände am Gitteraustritt liegen können.
- c) Welche Strömungsarten (A, B, C, D) kann man den Lauf- bzw. Leiträdern in Turbinen- und Verdichterstufen unter Berücksichtigung des kinematischen Reaktionsgrades  $r_k$  zuordnen? Tragen Sie die entsprechenden Buchstaben in die auf Seite 3 aufgeführte Tabelle ein.

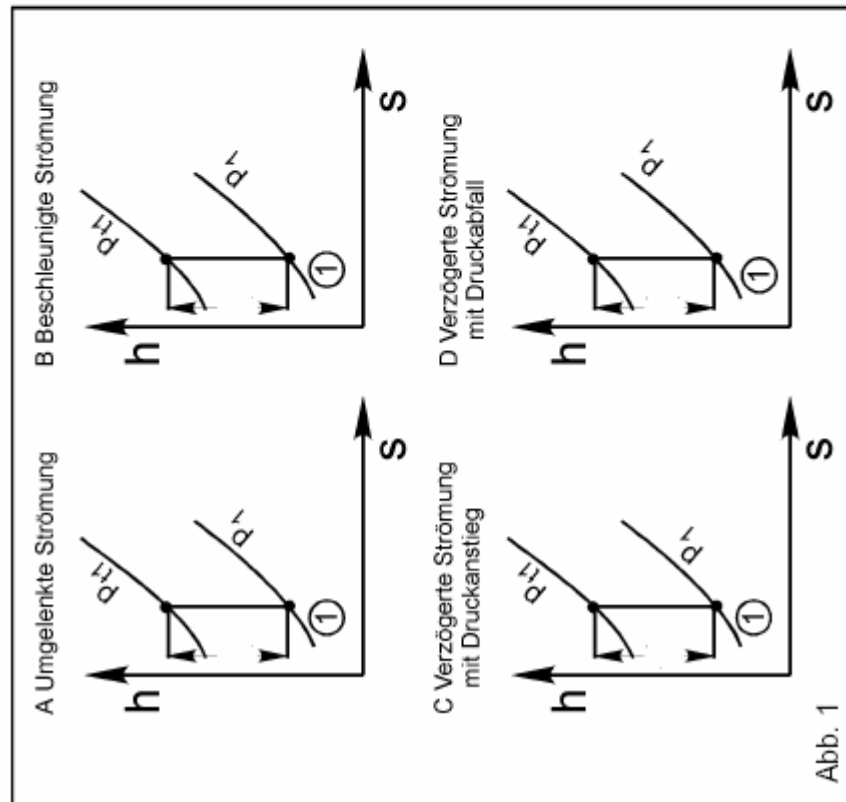
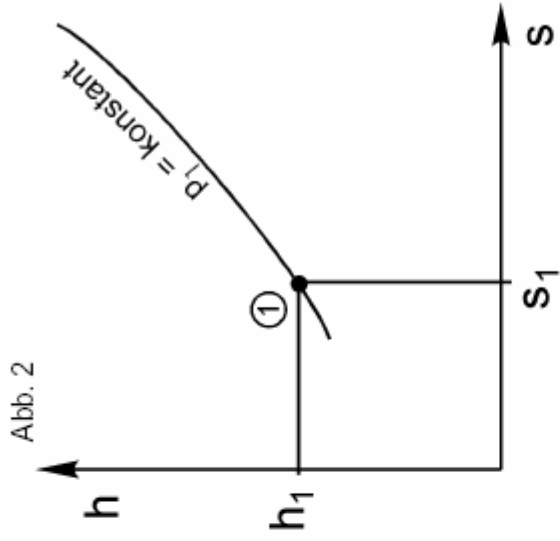


Abb. 1



	Turbine		Verdichter	
$r_k$	0,0	0,5	1,0	0,5
LA				
LE				

## 2) Axialverdichter

Die erste Stufe eines aus der ruhenden Umgebung ansaugenden Axialverdichters soll als Repetierstufe ausgelegt werden. Aus der eindimensionalen Auslegung sind vom Mittenschnitt bekannt:

Das Arbeitsfluid ist Umgebungsluft und wird als ideales Gas mit  $\kappa = 1,4$  und  $R = 287 \text{ J}/(\text{kgK})$  betrachtet.

aerodynamische Stufenarbeit (Mittenschnitt)	$a_a (r_M)$	=	25	kJ/kg
Durchflusszahl	$\phi_1 = \phi_2$	=	0,8	= const.
mittlerer Durchmesser	$D_{m1} = D_{m2}$	=	0,48	m
Nabenverhältnis	$v_1 = v_2$	=	0,6	
Eintrittsdrahl (absolut)	$\alpha_1$	=	87	°
Umfangsgeschwindigkeit	$u_1 = u_2$	=	250	m/s
Eintrittstemperatur	$T_1$	=	290	K
Eintrittsdruck	$p_1$	=	1	bar

**Achtung:** Winkel beziehen sich auf die Ebene senkrecht zur Maschinenachse (Umfangsrichtung entspricht dem Winkel von  $0^\circ$ )!!!

Aufgaben:

- Skizzieren Sie einen Meridianschnitt der Verdichterstufe und tragen Sie die drei Kontrollebenen ein.
- Ermitteln Sie die axiale Komponente der Absolutgeschwindigkeit und die Absolutgeschwindigkeit am Eintritt des Laufrades. Bei welcher Drehzahl arbeitet der Verdichter?
- Berechnen Sie den Massenstrom und die Stufenleistung.
- Bestimmen Sie die vollständigen Geschwindigkeitsdreiecke am Ein- und Austritt des Laufrades. Wie groß sind der relative und der absolute Zu- und Abströmwinkel? Wie groß ist die Absolutgeschwindigkeit und Winkel am Stufenaustritt?
- Ermitteln Sie die Schaufelarbeitszahl  $\Psi$  und den kinematischen Reaktionsgrad.

### 3) Radiales Gleichgewicht

Es wird die letzte Stufe einer adiabaten axialen Dampfturbine betrachtet. Vor der Stufe hat sich ein Totalenthalpiegradient eingestellt, der in der letzten Stufe abgebaut werden soll, d.h.  $dh_{t2}/dr = 0$ . Am Stufeneintritt (Ebene 0) beträgt  $dh_{t0}/dr = 1000 \text{ J/(kgm)}$ .

Die Stufe ist für folgende Daten nach dem radialen Gleichgewicht auszulegen:

Außendurchmesser	$D_a = \text{konst.}$	=	3,5 m
Innendurchmesser	$D_i = \text{konst.}$	=	2 m
Drehzahl	$n$	=	3000 1/min
Leistungszahl im Mittenschnitt	$\Psi_{ht}(r_m)$	=	1 -
Durchflusszahlen im Mittenschnitt	$\phi_1(r_m)$	=	0,5 -
	$\phi_2(r_m)$	=	0,6 -
drallfreie Abströmung	$c_{u2}(r)$	=	0 m/s

Aufgaben:

- Bestimmen Sie die erforderliche aerodynamische Stufenarbeit für den Mittenschnitt  $a(r_m)$  und für jede beliebige Kanalhöhe  $a(r)$ .
- Wie lautet die gewöhnliche Differentialgleichung des radialen Gleichgewichts (Annahme: isentrope Strömung).
- Berechnen Sie die Axialgeschwindigkeit  $c_{ax2}(r)$  am Laufradaustritt (Ebene 2).

Zusatzaufgaben:

- Berechnen Sie die Verteilung von  $r \cdot c_u$  am Leitradaustritt (Ebene 1).
- Berechnen Sie die Verteilung der Axialgeschwindigkeit  $c_{ax1}(r)$  am Leitradaustritt.