

Universität Hannover
Institut für Strömungsmaschinen
Prof. Dr.-Ing. J. Seume

Klausur
Strömungsmaschinen
WS 2005/ 2006

28. Februar 2006, 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.

Aufgabe	geschätzte Dauer	Punkte
1. Schaufelgittertypen	10 min	18
2. Axialverdichter	35 min	60
3. Radialverdichter	10 min	18
<hr/>		
Gesamt	55 min	96

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

*Prof. J. Seume
und E. Imetovski*

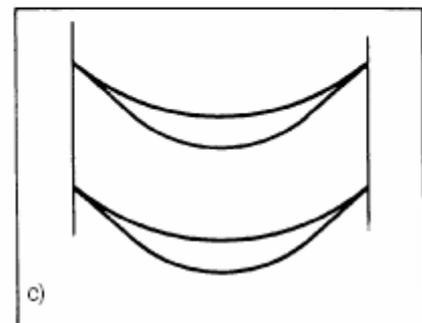
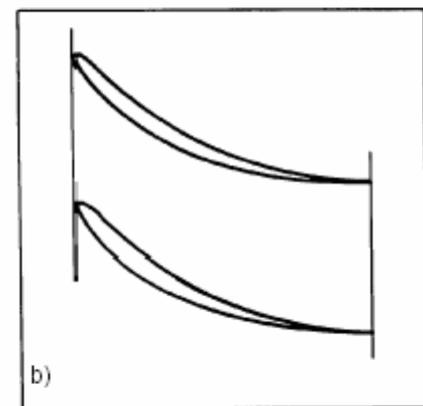
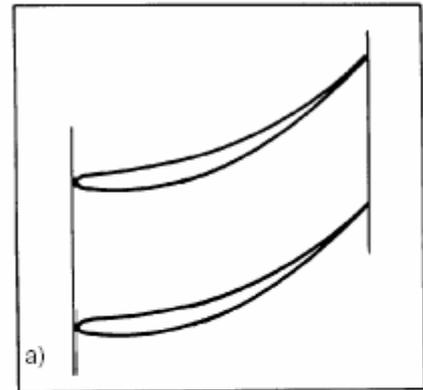
1) Schaufelgittertypen

In nebenstehender Abbildung sind die Schaufelpläne von Leitgittern axialer Strömungsmaschinen dargestellt. Die Strömungsmaschinen sind so ausgeführt, dass die axialen Geschwindigkeitskomponenten am Ein- und Austritt der Gitter gleich groß sind.

- a) Ordnen Sie den Schaufelplänen jeweils einen der folgenden Gittertypen zu
 - 1) reines Impulsgitter
 - 2) Beschleunigungsgitter
 - 3) Verzögerungsgitter

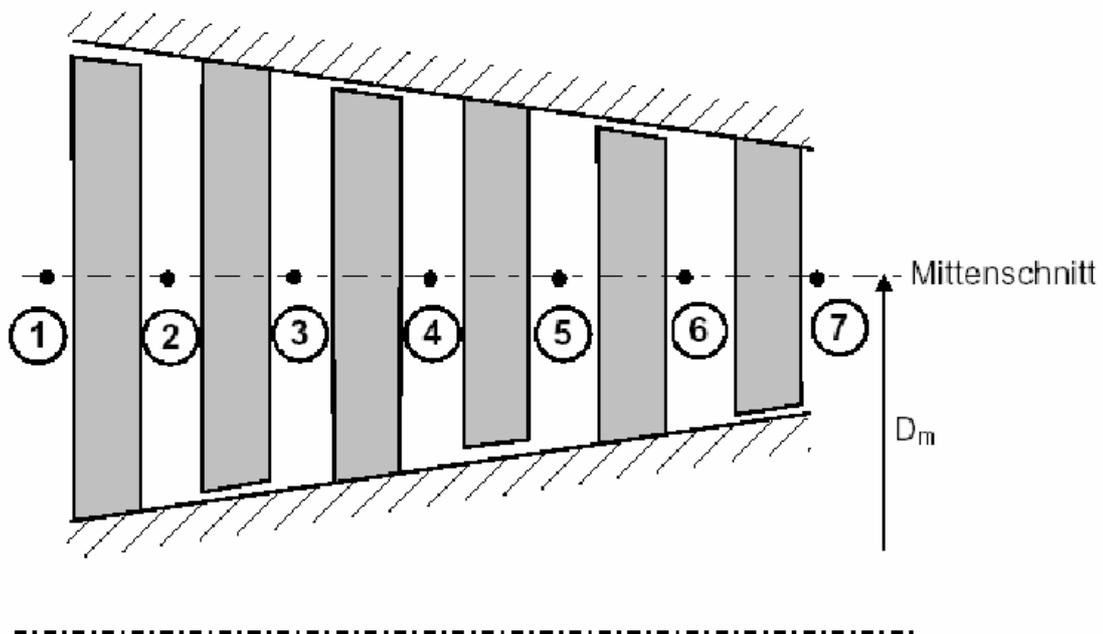
und begründen Sie dies.

- b) Stellen Sie dazu jeweils die Zustandsänderungen (totale und statische Zustände) im h,s - Diagramm dar.
- c) Dieselben Gitter sollen nun in einem Laufrad Verwendung finden. Ordnen Sie jedem Gittertyp einen Maschinentyp (Verdichter/ Turbine) zu. Geben Sie je nach Maschinentyp die Richtung der Umfangsgeschwindigkeit an.



2) Axialverdichter

Die folgende Abbildung zeigt schematisch einen dreistufigen Axialverdichter. Dabei soll das Verhalten bei Abweichung vom Auslegungspunkt analysiert werden.



Es liegen Repetierstufen (Absolutgeschwindigkeiten am Ein- und Austritt einer Stufe sind gleich) mit folgenden Daten vor:

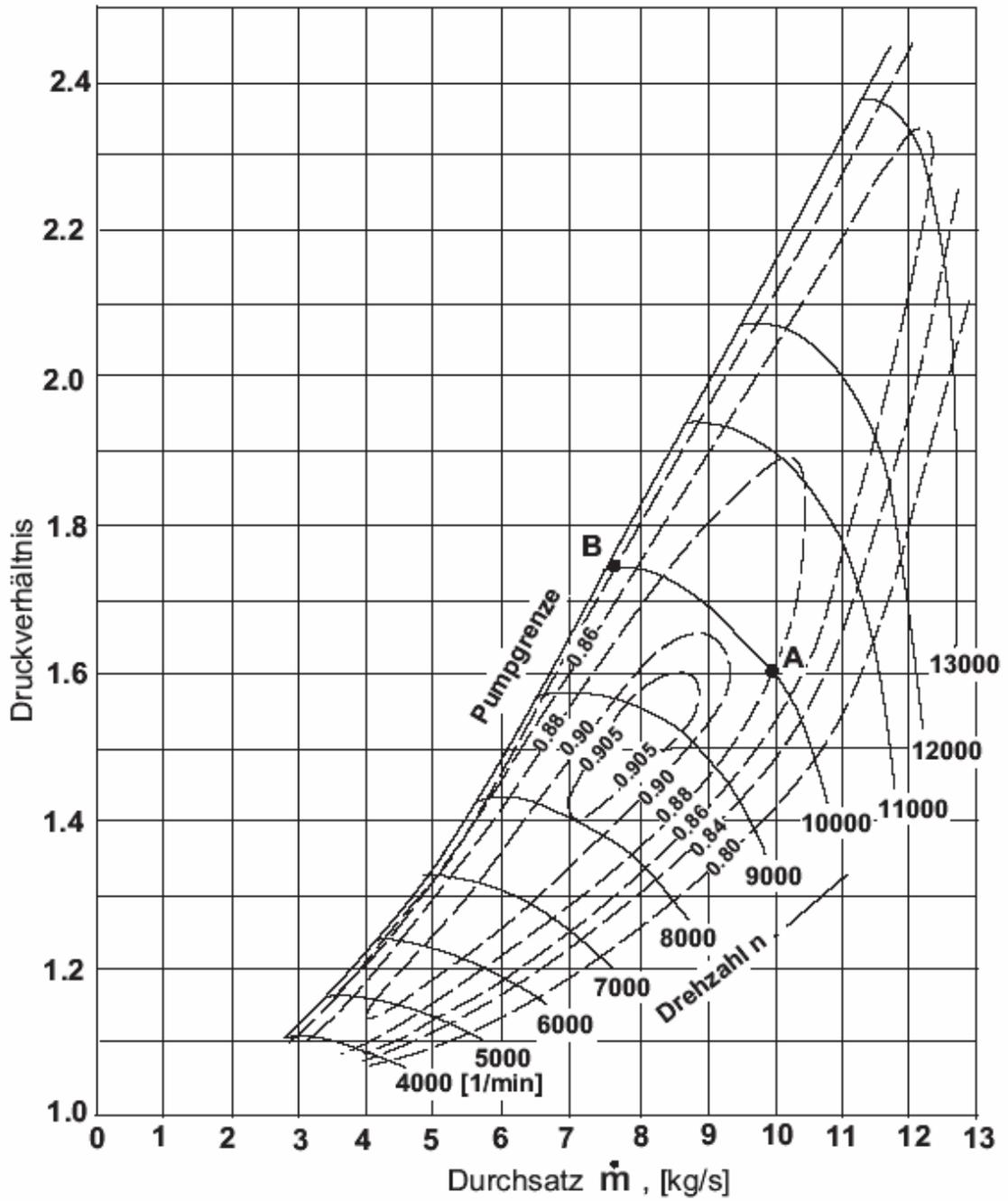
Durchmesser des Mittenschnitts	D_m	=	0,4 m
Eintrittsquerschnitt	A_1	=	0,0754 m ²
Eintrittswinkel Laufrad (Relativwinkel)	β_1	=	38 °
Eintrittswinkel Leitrad (Absolutwinkel)	α_2	=	35 °
Teilungsverhältnis	t/l	=	1
Temperatur am Eintritt	T_1	=	288 K
Druck am Eintritt	p_1	=	1 bar
Gaskonstante der Luft	R	=	287,1 J/(kgK)
Isentropenexponent	κ	=	1,4

Achtung: Winkel beziehen sich auf die Ebene senkrecht zur Maschinenachse (Umfangsrichtung entspricht dem Winkel von 0°)!!!

Das Arbeitsfluid ist Umgebungsluft und wird als ideales Gas betrachtet. Des Weiteren wird angenommen, dass der mittlere Durchmesser D_m und die Axialgeschwindigkeit c_{ax} im Auslegungspunkt A über alle Stufen konstant sind. Die Abströmwinkel bleiben in jedem Betriebspunkt unverändert und das Stufendruckverhältnis ist in allen Stufen gleich ($\pi_{Stufe} = \text{const.}$).

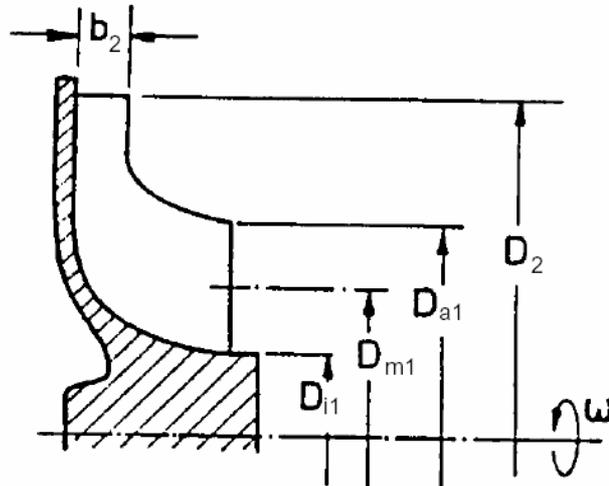
Aufgaben:

- a) Bestimmen Sie die axiale Komponente der Absolutgeschwindigkeit und die Umfangsgeschwindigkeit im Mittenschnitt in der Ebene 1 vor dem Rotor der ersten Stufe für den Auslegungspunkt A (siehe Verdichterkennfeld auf S. 4).
- b) Bestimmen Sie die vollständigen Geschwindigkeitsdreiecke im Mittenschnitt für die Ebenen 1 und 2. Wie groß sind der relative und der absolute Zu- und Abströmwinkel? Wie groß ist die Absolutgeschwindigkeit in der Ebene 3?
- c) Berechnen Sie die aerodynamische Stufenarbeit, Stufenleistung und Gesamtleistung mit Hilfe der unter b) berechneten Daten.
- d) Ermitteln Sie den kinematischen Reaktionsgrad, die Durchflusszahl Φ und die Schaufelarbeitszahl Ψ für den Rotor der ersten Stufe.
- e) Überprüfen Sie die Zulässigkeit der Auslegung des Verdichters mit Hilfe der Kriterien von De Haller oder Lieblein. Führen Sie diese sowohl für die Stator- als auch für die Rotorbeschaufelung durch.
- f) Tragen Sie qualitativ die Geschwindigkeitsdreiecke für den Betriebspunkt B auf (d.h. deren Änderungen gegenüber Betriebspunkt A, siehe a)), und erläutern Sie die Vorgänge bei überschreiten der Pumpgrenze.



3) Radialverdichter

Das in folgender Abbildung dargestellte Laufrad Laufrad eines einstufigen Radialverdichters ist mit Hilfe des auf Seite 7 aufgeführten Cordier-Diagramms auszulegen.



Für die Berechnung der adiabaten Zustandsänderungen im Verdichter können folgende Daten zugrundegelegt werden.

Massenstrom	\dot{m}	=	1,8 kg/s
Druckverhältnis Stufeneintritt/ Stufenaustritt	p_1/p_3	=	0,5
statischer Druck am Eintritt	p_1	=	0,97 bar
statische Temperatur am Eintritt	T_1	=	285 K
stat. polytroper Stufenwirkungsgrad	η_v	=	0,82
Isentropenexponent	κ	=	1,4
Gaskonstante des Verbrennungsgases (id. Gas)	R	=	287 J/kgK

Aufgaben:

- Wozu wird ein Cordier-Diagramm verwendet?
- Bestimmen Sie die spezifische Stufenarbeit y und den Volumenstrom V am Laufradeintritt.
- Ermitteln Sie mit Hilfe des Cordier-Diagramms für den Laufraddurchmesser $D_2 = 250$ mm, den spezifischen Durchmesser δ_M , die optimale spezifische Drehzahl σ_M und die Drehzahl n .
- Ermitteln Sie die Druckkenngröße ψ_{yM} und die Durchflusskenngröße ϕ_M .

