

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

Klausur
Strömungsmaschinen
SoSe2003

26. August 2003, Beginn 9:00 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 sind nicht zugelassen!

Aufgabe	geschätzte Dauer	Punkte
1. Radialturbine	9 min	17
2. Niedergeschwindigkeits-Axialverdichter	37 min	68
3. Radialverdichter	8 min	15
<hr/>		
Gesamt	54 min	100

Name:

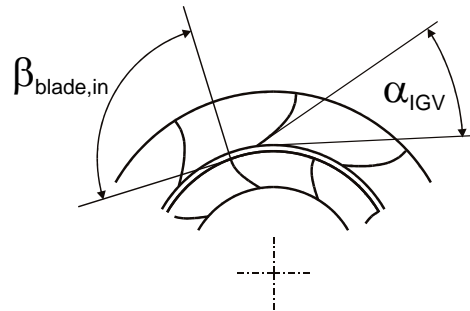
Matrikel-Nr.:

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

*Prof. J. Seume
und A. Griebel*

1) Radialturbine

Gegeben sei eine Radialturbinen mit einem Vorleitrad nach folgendem Schema:



a) Für die Überlegungen werden folgende vereinfachende Annahmen getroffen:

- Das Vorleitrad (IGV) ist verstellbar, so dass α_{IGV} variabel ist.
- Die Laufschaufeln haben einen Eintrittswinkel von $\beta_{blade,in} = 90^\circ$.
- Die Abströmung aus dem Laufrad ist für alle Betriebspunkte drallfrei.
- Der Massenstrom soll konstant bleiben.
- Die Drehzahl bleibt konstant.

Wie muss α_{IGV} gewählt werden (klein oder groß), um

- 1) eine kleine und
- 2) eine größere Leistung an der Welle zu erzielen?

Begründen Sie Ihre Aussage.

b) Jetzt soll gelten:

- Das Vorleitrad (IGV) ist verstellbar, so dass α_{IGV} variabel ist.
- Die Laufschaufeln haben einen Eintrittswinkel von $\beta_{blade,in} = 90^\circ$.
- Die Abströmung aus dem Laufrad ist für alle Betriebspunkte drallfrei.
- Die Leistung soll konstant bleiben.
- Entweder der Massenstrom oder die Drehzahl kann sich ändern.

Wie wirkt sich das verstellbare Vorleitrad aus, wenn

- 1) im einen Fall der Massenstrom konstant, aber die Drehzahl variabel ist und
- 2) im anderen Fall der Massenstrom variabel, aber die Drehzahl konstant bleibt?

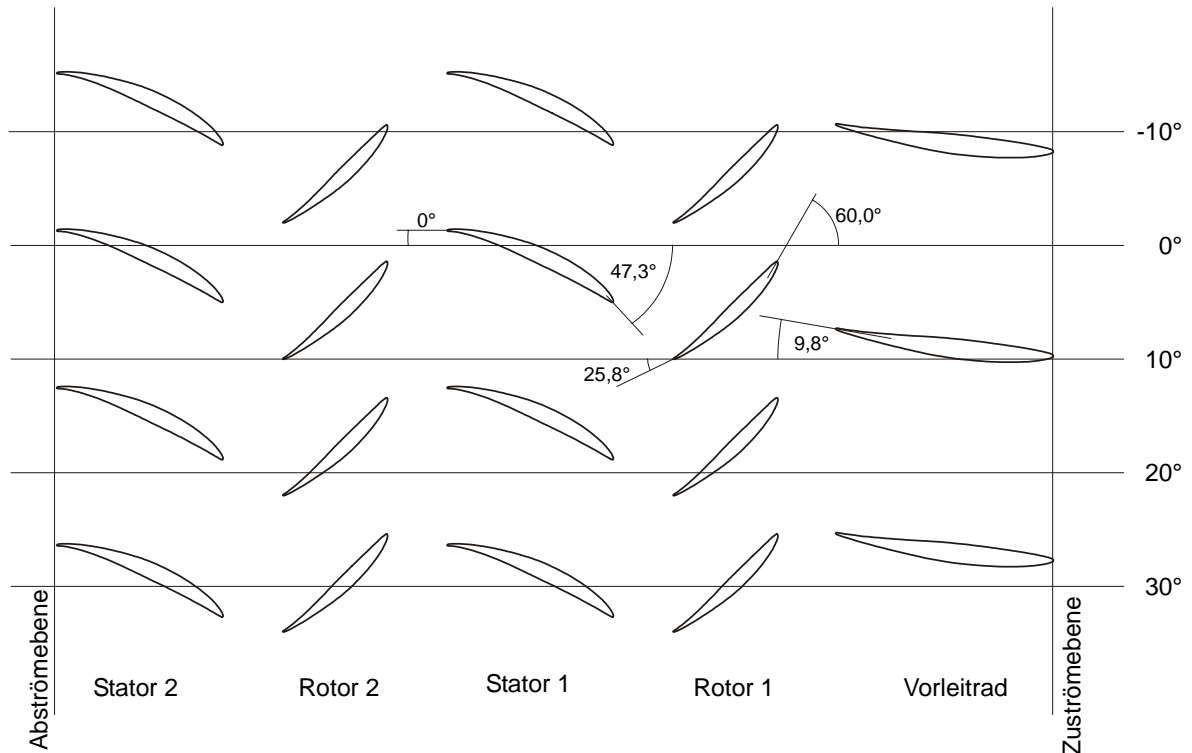
Erläutern Sie dies verbal oder in Stichworten anhand einer Skizze.

2) Niedergeschwindigkeits-Axialverdichter

Die folgende Abbildung zeigt schematisch einen Ausschnitt der Beschauflung eines zweistufigen Niedergeschwindigkeits-Axialverdichters.

Dargestellt ist der arithmetische Mittenschnitt $r_m = r_i + ((r_a - r_i)/2)$ des zylinderförmigen Strömungskanals.

Die Winkelangaben der Skizze bezeichnen die Metallwinkel der Schaufelprofile.



Folgende Daten sind bekannt:

Nabendurchmesser:	$d_i = 480 \text{ mm}$
Gehäusedurchmesser:	$d_a = 760 \text{ mm}$
Drehzahl:	$n = 3000 \text{ min}^{-1}$
Reaktionsgrad der Beschauflung im Mittenschnitt: (Stufe eins und zwei sind Repetierstufen!)	$r_{km} = 0,5$
totaler Eintrittsdruck (Zuströmebene):	$p_{\text{tot,ein}} = 100177 \text{ Pa}$
statischer Eintrittsdruck (Zuströmebene):	$p_{\text{stat,ein}} = 98483 \text{ Pa}$
Totaltemperatur am Eintritt (Zuströmebene):	$T_{\text{tot,ein}} = 304 \text{ K}$
Massenstrom:	$\dot{m} = 16,245 \text{ kg/s}$
gesamtes Totaldruckverhältnis:	$\pi_{\text{tot,ges}} = 1,08$
Gaskonstante für Luft:	$R = 287 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
Isentropenexponent:	$\kappa = 1,4$
spezifische Wärmekapazität	$c_p = 1005 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$

Das Strömungsfluid ist Luft und als ideales Gas anzunehmen.
Die Dichte darf über die Maschine als konstant angenommen werden.
Dadurch und wegen des zylindrischen Strömungskanals darf auch die Axialgeschwindigkeit als konstant angenommen werden.

Aufgaben:

- a) Zeichnen Sie die axiale Strömungsrichtung und die Drehrichtung des Rotors in die Abbildung ein.
- b) Bestimmen Sie die vollständigen Geschwindigkeitsdreiecke für die Ebenen vor und nach Rotor 1 sowie nach Stator 1.
- c) Berechnen Sie die Durchfluss-Zahl ϕ und die Schaufel-Arbeitszahl ψ für den Rotor der ersten Stufe.
- d) Schätzen Sie rechnerisch den Totaldruck nach dem ersten Stator ab?

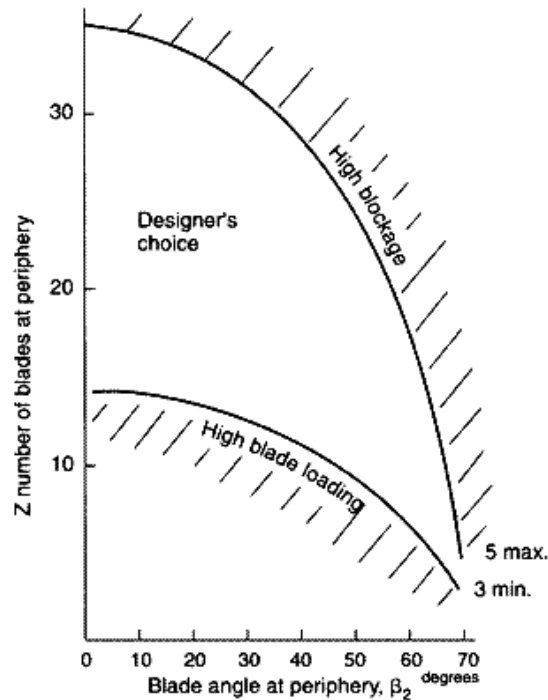
Vereinfachung:

Vernachlässigen Sie Totaldruckverluste (z.B. durch Profil- und/oder Wandreibung) und nehmen Sie isentrope Vorgänge an.

- e) Mit welcher Totaltemperatur verlässt die Luft den Verdichter?
- f) Die Schaufeln der Stufe eins und zwei sind identisch ausgeführt.
Sehen Sie sich die Schemaskizze und ggf. auch Ihre eigenen Geschwindigkeitsdreiecke an und vergleichen Sie die Zuströmung der beiden Rotoren.
Was ist bei der Anströmung des zweiten Rotors anders als beim ersten und wie kann sich dies aerodynamisch auswirken?
Zeichnen Sie falls nötig eine erklärende Handskizze.

3) Radialverdichter

- a) Das folgende Diagramm zeigt die mögliche Anzahl der bis zum Aussenradius reichenden Schaufeln, die ein Konstrukteur bei der Auslegung eines Radialverdichter-Laufrades einplanen sollte.



- 1) Was bedeuten die Bereiche „High blade loading“ und „High blockage“?
(Kurze sinngemäße Übersetzung)
 - 2) Warum können mit steigendem Winkel β_2 immer weniger Schaufeln eingesetzt werden?
Was kann passieren, falls der Konstrukteur im Falle eines großen Schaufelwinkels β_2 trotzdem sehr viele Schaufeln einbaut?
- b) Es soll ein Verdichterlaufrad konstruiert werden, dessen Abströmung möglichst gut dem Metallwinkel der Schaufeln folgt. Gleichzeitig ist ein möglichst hoher Massendurchsatz angestrebt.
Nennen Sie eine konstruktive Maßnahme.

- c) Was sagt der „Minderleistungsfaktor“ $\sigma_w = \frac{c_{u,2,ac}}{c_{u,2,tl}} = 1 - \frac{\sqrt{\cos \beta_2}}{Z^{0.7}}$ aus?

Wie wirkt sich dieser auf die Arbeitskennzahl ψ aus?