

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

Klausur
Strömungsmaschinen
WS 2002/2003

25. Februar 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. Grenzschichströmung	4 min	8
2. Niedergeschwindigkeits-Axialverdichter	40 min	75
3. Radialverdichter	9 min	17
<hr/>		
Gesamt	53 min	100

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

*Prof. J. Seume
und A. Griebel*

1) Grenzschichtströmung

Die folgende Skizze zeigt schematisch die Überströmung einer Profiloberfläche mit einer Ablöseblase, wie sie z. B. im hinteren Profilbereich auf der Saugseite auftreten kann. Die Hauptströmung verläuft von links nach rechts.

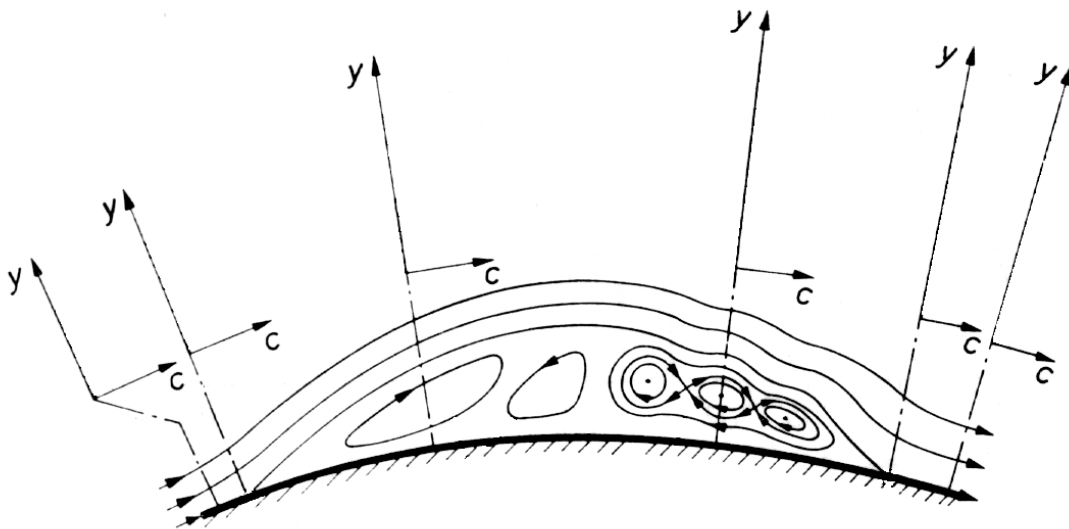
Bearbeiten Sie folgende Aufgaben in der Abbildung:

- Markieren Sie den Anfang und das Ende der Ablöseblase („Ablösung“ bzw. „turbulentes Wiederanlegen“ der Strömung).
- Markieren Sie die Bereiche laminarer und turbulenter Strömung, sowie den Transitionsbereich.
- Zeichnen Sie qualitativ die Geschwindigkeitsprofile in die jeweiligen c - y -Diagramme ein.

Hinweis:

Die Diagramme gelten jeweils für den Punkt, zu welchem die gestrichelte Linie auf die Oberfläche weist.

Auf der c -Achse wird die Strömungsgeschwindigkeit dargestellt. y ist die Höhenkoordinate. Die c -Achse selbst stellt die Schaufeloberfläche bzw. die Wand dar.

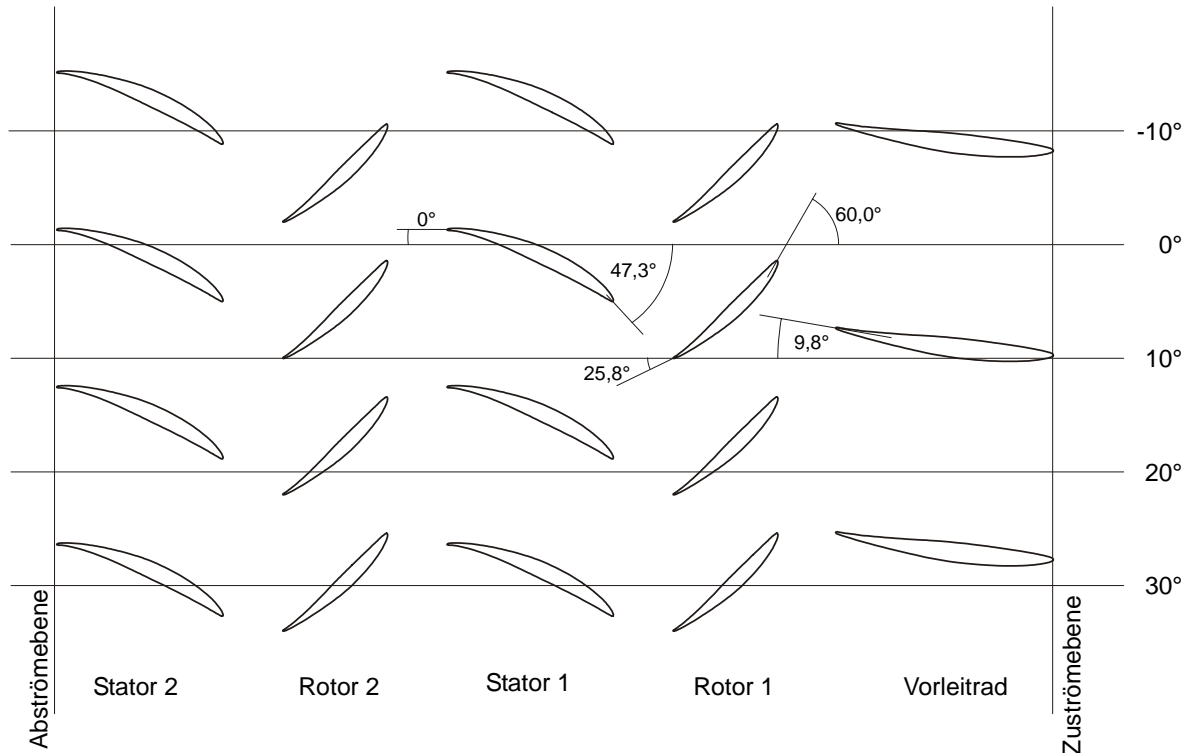


2) Niedergeschwindigkeits-Axialverdichter

Die folgende Abbildung zeigt schematisch einen Ausschnitt der Beschauelung 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 Beschauelung 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	$c_p = 1005 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$

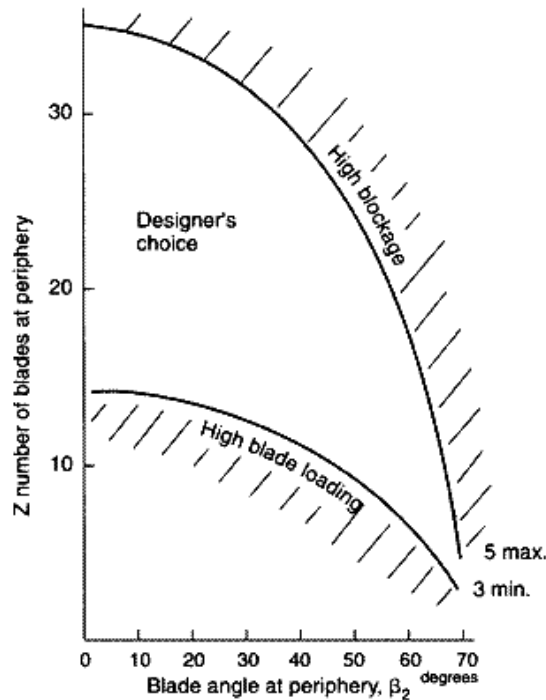
Das Strömungsfluid ist Luft und als ideales Gas anzunehmen.
Die Dichte darf über die Maschine als konstant angenommen werden.
Dadurch und wegen des zylindrischen Strömungskanals darf auch die Axialgeschwindigkeit als konstant angenommen werden.

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 Schaufel-Arbeitszahl ψ für die Rotor- und Statorschaufeln 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 dies auf die Arbeitskennzahl ψ aus?