

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

Klausur  
Strömungsmaschinen  
WS 2001/2002

20. März 2002, 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.

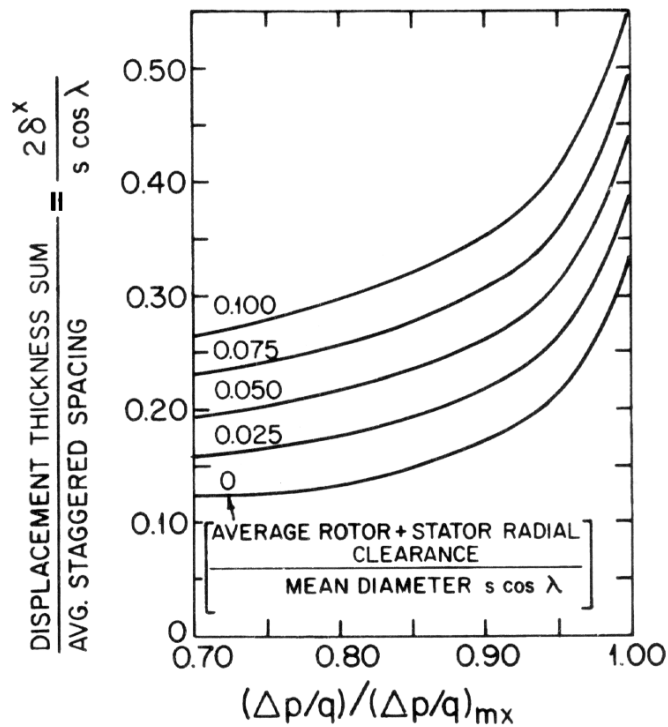
<u>Aufgabe</u>	<u>geschätzte Dauer</u>	<u>Punkte</u>
1. Grenzschichten an Seitenwänden	10 min	20
2. Teilungsverhältnis und Strömungsverluste	10 min	20
3. Laufrad eines Turboladers	35 min	70
Gesamt	55 min	110
Punktzahl für Bestnote		100

**Achtung:** Aufgabe 3.) enthält Zusatzaufgaben für 10 Punkte bzw. 5 geschätzte Arbeits-Minuten, d.h. sie muss zum Erreichen der Bestnote nicht vollständig gelöst werden.

*Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!*

*Prof. J. Seume und A. Griebel*

## 1) Grenzschichten an Seitenwänden



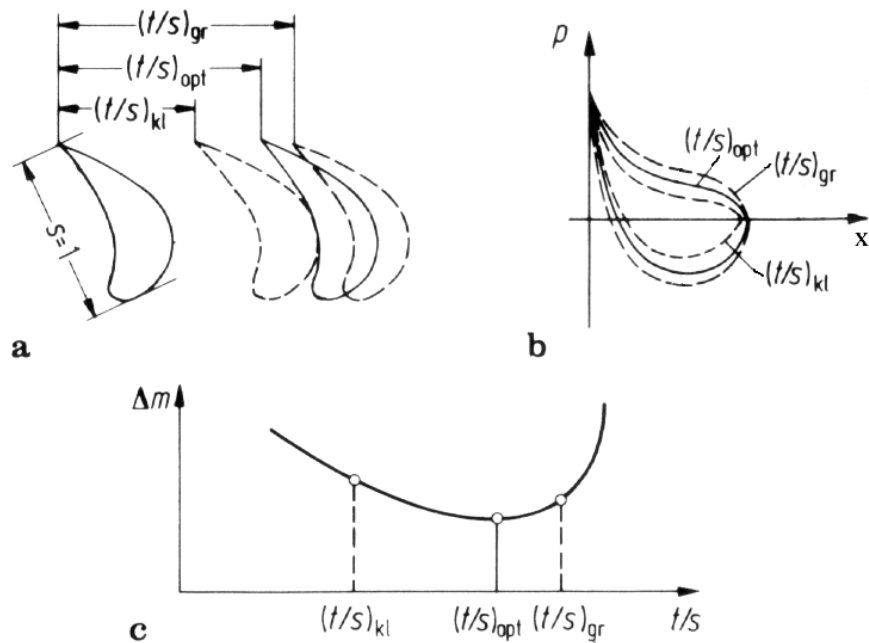
Das oben abgebildete Diagramm stellt die dimensionslose Dicke der Wandgrenzschicht über einem dimensionslosen Druckanstieg einer Verdichterstufe dar.

Die Kurven gelten jeweils für eine konstante dimensionslose Radialspaltweite.

- Was sagt das Diagramm aus bezüglich des Zusammenhanges zwischen
  - Seitenwandgrenzschichtdicke und Druckaufbau der Stufe?
- Was sagt das Diagramm aus bezüglich des Zusammenhanges zwischen
  - Seitenwandgrenzschichtdicke und mittlerem Radialspalt?

Begründen Sie Ihre Aussage, indem Sie kurz den physikalischen Vorgang andeuten, der zu dem dargestellten Phänomen führt.

## 2) Teilungsverhältnis und Strömungsverluste



Gegeben ist die Darstellung einer Schaufelprofilanordnung (a), sowie die dazu gehörige Auftragung der Druckverteilung (b) und ein Verlust-Diagramm (c).

- Beschriften Sie die Kurven der Druckverteilung mit „Saugseite“ und „Druckseite“.
- Beurteilen Sie den folgenden Satz mit „richtig“ oder „falsch“:  
Je größer die Schaufelteilung gewählt wird, desto größer wird die Druckdifferenz zwischen Saugseite und Druckseite.
- Das Diagramm stellt die Abhängigkeit einer Verlustkenngröße  $\Delta m$  von der Schaufelteilung dar.  
Warum steigt die Kurve nach links und rechts an, bzw. warum hat sie ein Minimum im mittleren Bereich?  
Was sind die physikalischen Mechanismen (Strömungsphänomene), die zu dieser Kurvenform führen?

### 3) Lauftrad eines Turboladers

Von einem Radialverdichterlauftrad eines Turboladers sind folgende Größen bekannt:

Innendurchmesser am Eintritt	$d_{i1}$	=	18 mm
Schaufelhöhe am Eintritt	$h$	=	12 mm
Verhältnis von Aus- zu Eintrittsdurchmesser	$d_2/d_{a1}$	=	2
Lafradaustrittswinkel der Schaufeln	$\beta_2$	=	$60^\circ$
Temperatur am Eintritt	$T_1$	=	$20^\circ\text{C}$
statischer Druck am Eintritt	$p_1$	=	1 bar
Dichte am Eintritt	$\rho_1$	=	$1,0\text{ kg/m}^3$
totaler, isentroper Wirkungsgrad	$\eta_{s,tot} = \frac{\Delta h_{s,tot}}{\Delta h_{tot}}$	=	0,7

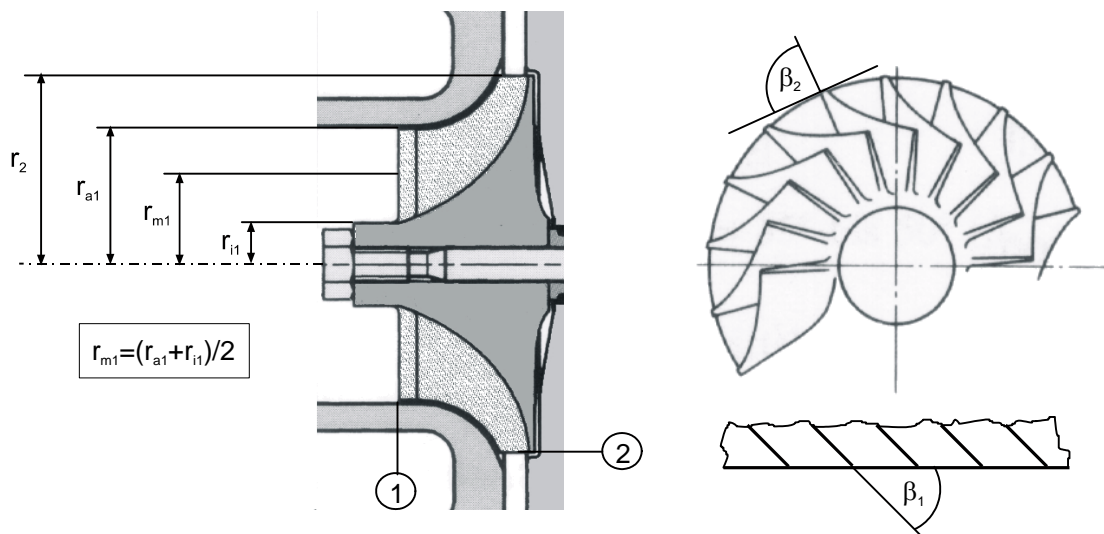
Die Stoffwerte der zu fördernden Luft sind:

Gaskonstante für Luft	$R_L$	=	$287\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
spezifische Wärmekapazität für Luft	$c_p$	=	$1004\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
Isentropenexponent	$\kappa$	=	1,4

Für den betrachteten Betriebspunkt wurden weiterhin gemessen:

Drehzahl des Impellers	$n$	=	84.000 1/min
Massenstrom	$\dot{m}$	=	0,125 kg/s

Die Anströmung des Impellers darf als drallfrei angenommen werden.  
In diesem Betriebspunkt ändert sich der Betrag der Relativgeschwindigkeit zwischen Schaufel und Fluid vom Eintritt bis zum Austritt nicht.



- a) Wie groß ist die Zuströmgeschwindigkeit  $c_1$  und die Relativgeschwindigkeit  $w_1$  auf halber Schaufelhöhe?  
Skizzieren Sie qualitativ das Geschwindigkeitsdreieck.
- b) Wie groß ist die Umfangskomponente  $c_{u2}$  der Abströmgeschwindigkeit  $c_2$ ?  
Skizzieren Sie auch hier qualitativ das Geschwindigkeitsdreieck.
- c) Wie groß sind die spezifische Laufradarbeit und die Leistung, mit welcher der Impeller angetrieben werden muss?
- d) Wie groß ist die isentrope Förderhöhe (isentropie Enthalpiedifferenz)  $\Delta h_{s,tot}$ ?

Zusatzaufgaben:

- e) Skizzieren Sie den betrachteten Vorgang qualitativ im h-s-Diagramm.  
Tragen Sie auch die spezifische Laufradarbeit  $\Delta h_{tot}$  und die totale isentrope Enthalpieänderung  $\Delta h_{s,tot}$  ein.
- f) Durch eine Drossel im Ansaugrohr des Verdichters wird der Massenstrom so reduziert, dass die Zuströmung mit einem Relativwinkel von  $\beta_1 = 30^\circ$  auf die Schaufeln trifft.  
Ergibt sich nun eine saug- oder eine druckseitige Anströmung der Impellerschaufeln?  
Was kann dies strömungstechnisch für Konsequenzen haben?