

Kraft- und Arbeitsmaschinen

Klausur zur Diplom-Hauptprüfung, 20. August 2009

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Umfang der Aufgabenstellung: **6** nummerierte Seiten;

Das Skript und Ihre Mitschrift der Vorlesung „Kraft- und Arbeitsmaschinen“ und Lehrbücher sind als Hilfsmittel zugelassen. Nicht zugelassen ist die Verwendung der Übungsunterlagen der Vorlesung „Kraft- und Arbeitsmaschinen“.

Bearbeiten Sie die Fragen 1 bis 5 bitte auf den Blättern der Aufgabenstellung.

Die Aufgaben 1 und 2 bearbeiten Sie bitte auf separaten Papierbögen (werden ausgestellt).

Geben Sie diese Aufgabenstellung bitte zusammen mit Ihren Lösungsblättern ab. Füllen Sie die Angaben zu Ihrer Person aus und versehen Sie jedes Lösungsblatt mit Ihrem Namen.

Name:

Vorname:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

Angaben zur Korrektur

Frage	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrekteur
1	6		
2	3		
3	2		
4	6		
5	3		
Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrekteur
1	17		
2	13		
	Summe		
	Bewertung		

1. Frage Strömungsmaschinen (6 Punkte)

Die Abbildung 1 zeigt typische Geschwindigkeitsdreiecke axialer Strömungsmaschinen.

Bei welchem Dreieck (A, B) handelt es sich eine Strömungsarbeitsmaschine und bei welchem um eine Strömungskraftmaschine?

Begründen Sie Ihre Antwort und geben Sie jeweils ein Beispiel für eine axiale Strömungskraft- bzw. Strömungsarbeitsmaschine an (Hinweis: Betrachten Sie die Euler-Gleichung).

Skizzieren Sie die Form der Statorschaufeln im jeweils mittleren Feld, die die Strömung so verändert, dass die Eintrittsbedingung für die zweite Rotorreihe genauso ist wie für die erste Reihe.

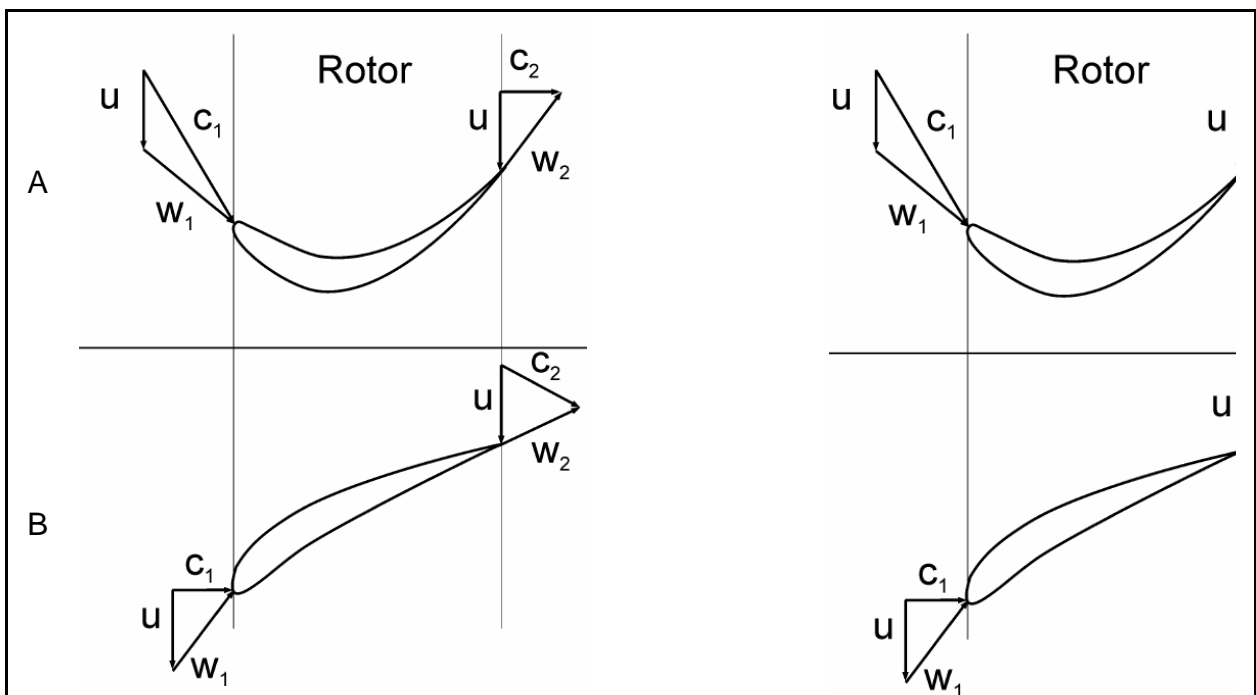


Abb. 1: Geschwindigkeitsdreiecke axialer Strömungsmaschinen

2. Frage Kreiselpumpe (3 Punkte)

Eine Kreiselpumpe fördert bei Umgebungsdruck ($p_a = 1013,25 \text{ mbar}$) Wasser mit einer Temperatur von 80°C . Wie groß ist die maximale Saughöhe der Pumpe, wenn sie bei dem vorgegebenen Volumenstrom einen NPSH-Wert von 8 (m Wassersäule) aufweist?

Hinweis: Der Dampfdruck von Wasser bei 80°C entspricht etwa 4,5 m Wassersäule.

3. Frage Gasturbine (2 Punkte)

Wie reduziert man bei modernen Gasturbinen die Bildung von Stickoxiden?
Begründen Sie bitte die Antwort.

4. Frage Verbrennungsmotoren (6 Punkte)

Welche Unterschiede gibt es zwischen einem Otto-Motor und einem direkt einspritzenden Diesel-Motor bezüglich der Zündung und der Leistungsregelung?

Welche Zustandsänderung wird im idealen Fall häufig für die Wärmezufuhr im Otto-Motor und welche für die Wärmezufuhr im Diesel-Motor angenommen?

5. Frage Kolbenmaschinen (3 Punkte)

Welcher grundsätzlicher Unterschied besteht bezüglich der Ventilsteuerung zwischen einem Kolbenverdichter und einem 2-Takt Ottomotor?

1. Aufgabe Kreiselpumpe (17 Punkte)

Zur Bewässerung einer Plantage wird von einer mehrstufigen Kreiselpumpe Wasser aus einem offenen Vorratsbehälter zu einer Düse gepumpt (vgl. Abb.2). Mit Ausnahme der Düse ist die Strömung überall reibungsbehaftet. Beachten Sie aber die Änderung der kinetischen Energie in der Düse.

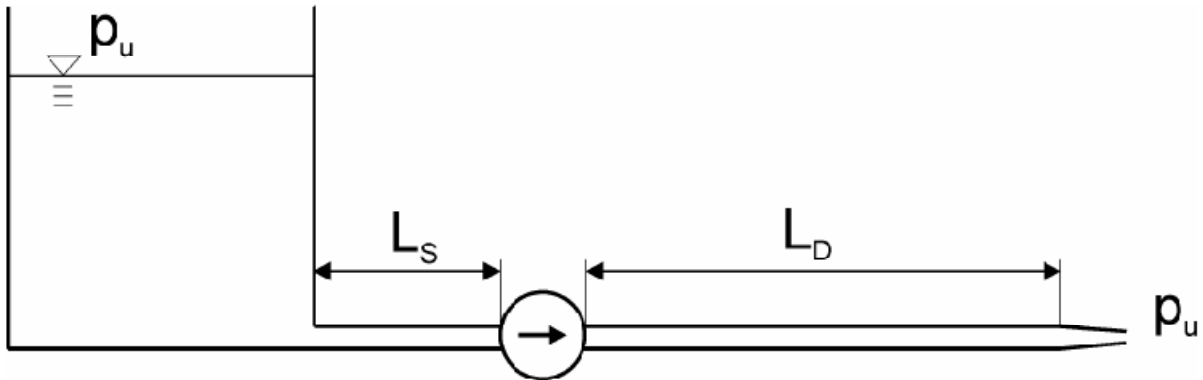


Abb.2: Kreiselpumpenanlage zur Bewässerung

Gegeben:

Rohrleitung: reibungsbehaftet

Länge der Druckleitung:	$L_D = 50 \text{ m}$	Länge der Saugleitung:	$L_S = 10 \text{ m}$
Rohrreibungszahl:	$\lambda = 0,022$	Durchmesser:	$d_{\text{Rohr}} = 100 \text{ mm}$

Düse: reibungsfrei	Durchmesser:	$d_{\text{Düse}} = 20 \text{ mm}$
--------------------	--------------	-----------------------------------

Pumpe:	mechanischer Wirkungsgrad:	$\eta_{\text{mech}} = 0,9$	
Volumenstrom	$Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$	Antriebsleistung:	$P_K = 1 \text{ kW}$
Laufreddurchmesser	$D = 100 \text{ mm}$	Schaufelhöhe	$h = 10 \text{ mm}$
Drehzahl	$n = 1498 \text{ min}^{-1}$	Anzahl der Stufen	$n_{\text{Stufen}} = 5$

Wasser:

Dichte:	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	Kinematische Viskosität:	$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
Umgebungsdruck:	$p_u = 1 \text{ bar}$	Erdbeschleunigung:	$g = 9,807 \text{ m/s}^2$

- Berechnen Sie die Förderhöhe der Anlage H_A (den zwischen Ein- und Austritt der Anlage durch die Pumpe zu überwindenden Druckverlust in Metern). (6)
- Berechnen Sie die spezifische technische Arbeit w_t , die im Laufrad übertragen wird. (1,5)
- Berechnen Sie den Austrittswinkel β_2 des Laufrades und zeichnen Sie qualitativ das Geschwindigkeitsdreieck für den Austritt. Zeichnen Sie neben der Absolut-, Relativ- und Umfangsgeschwindigkeit auch die Radial- und Umfangskomponente der Absolutgeschwindigkeit, sowie den Winkel β_2 ein. Handelt es sich um vorwärts- oder rückwärtsgekrümmte Schaufeln? (die Zuströmung zum Laufrad erfolgt drallfrei!) (9,5)

2. Aufgabe Strahltriebwerk (13 Punkte)

Ein Strahltriebwerk soll für zwei Flugzustände verglichen werden.

Dazu soll im ersten Fall das Triebwerke beim Start (Umgebungsbedingungen:

$T_u = 288,15 \text{ K}$ und $p_u = 1013,25 \text{ mbar}$) betrachtet werden. Da sich das Triebwerk am Erdboden befinden, beträgt die Anströmgeschwindigkeit $v_1 = 5 \text{ m/s}$. (Man startet gegen den Wind.)

Im zweiten Fall tritt die Luft bei einen Flug in 10 km Höhe bei $T_u = 223,15 \text{ K}$, $p_u = 0,3 \text{ bar}$ mit $v_1 = 250 \text{ m/s}$ in den Diffusor vor dem Verdichter ein und wird dort auf $v_2 = 150 \text{ m/s}$ verzögert.

Der isentrope Wirkungsgrad der Turbine beträgt $\eta_{s,T} = 92 \%$. Die Expansion in der Düse erfolgt bis zum Umgebungsdruck p_u und wird als reversibel adiabat angenommen.

Das Triebwerk hat abgesehen von der Lufteintrittsgeschwindigkeit identische Parameter:

spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p^0 = 1007 \text{ J/(kg K)}$
Isentropenexponent	$\kappa = 1,40$
Verdichtungsverhältnis	$\Pi = 14,0$
Spezifische Verdichtungsarbeit	$w_{12} = 380 \text{ kJ/kg}$
Brennstoffzufuhr in der Brennkammer	$f_1 = 0,02$
Druckverlust in der Brennkammer	$\Delta p_{34} = 3\%$
Turbineneintrittstemperatur	$T_3 = 1460 \text{ K}$

Die Verbrennungsgase können als ideales Gas betrachtet werden.

Die Stoffdaten der Verbrennungsgase werden als konstant angenommen.

Isentropenexponent	$\kappa = 1,33$
spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p^0 = 1128 \text{ J/(kg K)}$
Gaskonstante des Verbrennungsgases	$R = 279,9 \text{ J/(kg K)}$

a) Berechnen Sie für das Strahltriebwerk am Erdboden die spezifische (Schub-) Leistung $(\dot{E}_{kin} / \dot{m}_1)$ des Triebwerks. (8)

b) Berechnen Sie die Änderung der spezifischen Leistung für das Strahltriebwerk für einen Flug in 10 km Höhe bei $T_u = -50^\circ\text{C}$ und $p_u = 0,3 \text{ bar}$, wenn Luft mit $v = 250 \text{ m/s}$ in den Diffusor vor dem Verdichter eintritt und dort auf $v = 150 \text{ m/s}$ verzögert wird. (5)

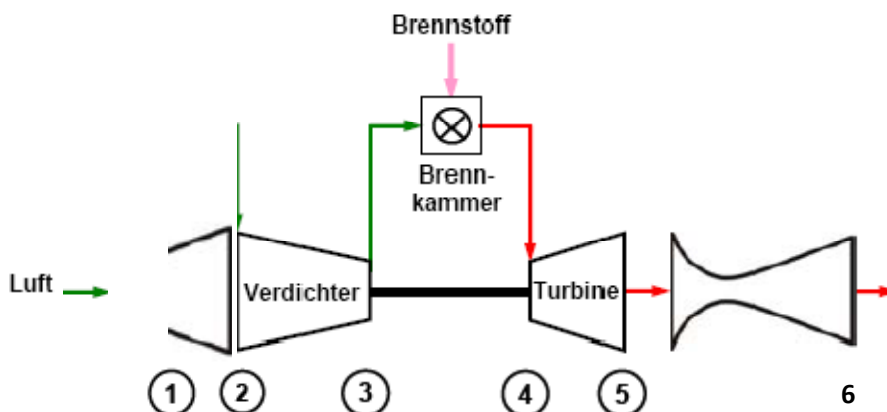


Abb.3: Strahltriebwerk