

## Kraft- und Arbeitsmaschinen

Klausur zur Diplom-Hauptprüfung, 26. Juli 2006

---

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Umfang der Aufgabenstellung: 7 nummerierte Seiten;

Die Foliensammlung, 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 6 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	4		
3	4		
4	6		

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).

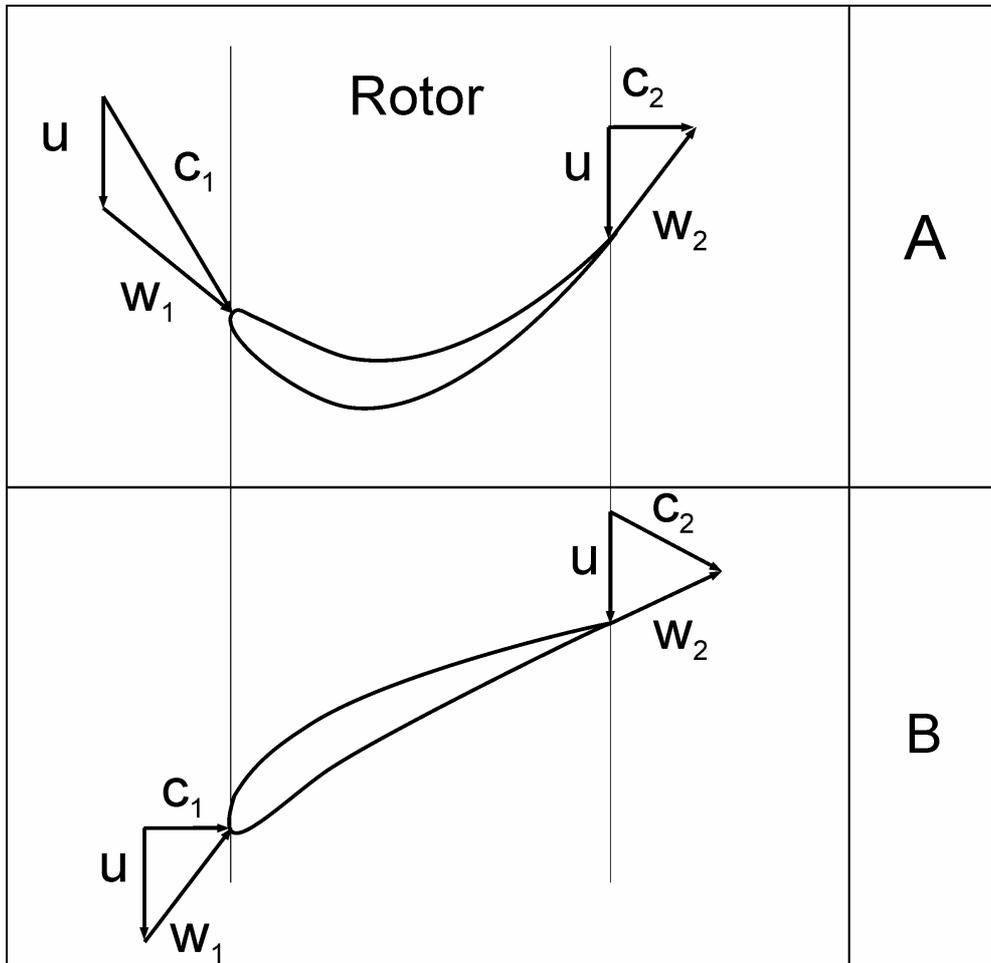


Abb. 1: Geschwindigkeitsdreiecke axialer Strömungsmaschinen

## 2. Frage    Kreiselpumpe

(4 Punkte)

Eine Kreiselpumpe fördert Wasser aus einem geschlossenen Behälter (Innendruck  $p$ ) durch eine Rohrleitung der Länge  $l$ . Die Zulaufhöhe sei  $h$  (vgl. Abb. 2). Im Betrieb ist festgestellt worden, dass Kavitation auftritt. Nennen Sie mindestens zwei Umbaumaßnahmen an der Anlage durch die die Kavitation verhindert werden kann.

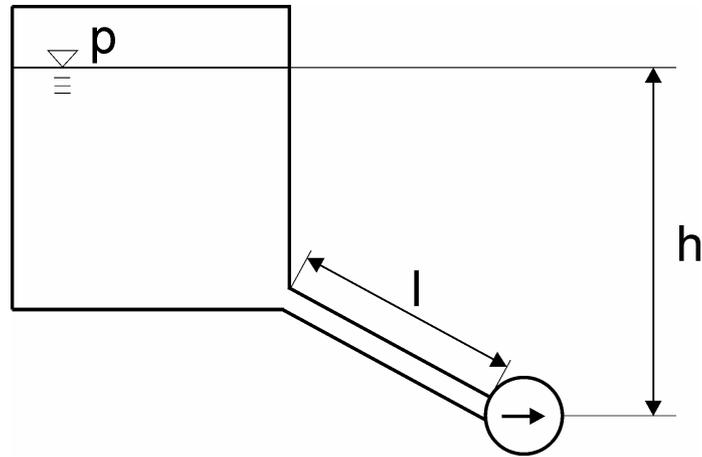


Abb. 2: Kreiselpumpe im Zulaufbetrieb

**3. Frage      Kolbenmaschinen                      (4 Punkte)**

Stellen Sie eine Gleichung auf, mit der die Leistung eines 4-zylindrigen 2-Takt-Motors bei gegebener Drehzahl  $n$ , Hubvolumen  $V_{Hub}$  eines Zylinders, der Dichte  $\rho_I$ , sowie der spezifischen technischen Arbeit  $w_t$  näherungsweise berechnet werden kann. Erläutern Sie den Unterschied zur Leistungsberechnung bei einem 4-zylindrigen 4-Takt-Motor.

**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?

## 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.3). Mit Ausnahme der Düse ist die Strömung überall reibungsbehaftet.

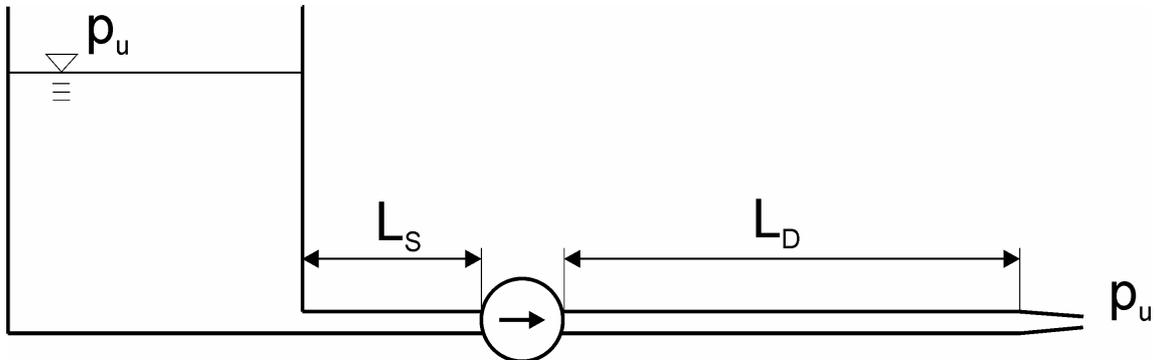


Abb.3: Kreiselpumpenanlage zur Bewässerung

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	$n_{\text{Stufen}} = 7$
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:	$g = 9,807 \text{ m/s}^2$

- a) Berechnen Sie die Förderhöhe der Anlage  $H_A$  (den zwischen Ein- und Austritt der Anlage durch die Pumpe zu überwindenden Druckverlust in Metern). (6)
- b) Berechnen Sie die spezifische technische Arbeit  $w_t$ , die im Laufrad übertragen wird. (1,5)
- c) Berechnen Sie den Austrittswinkel  $\beta_2$  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  $\beta_2$  ein. Handelt es sich um vorwärts- oder rückwärts-gekrümmte Schaufeln? (die Zuströmung zum Laufrad erfolgt drallfrei!) (9,5)

## 2. Aufgabe Strahltriebwerk

(13 Punkte)

Zwei Strahltriebwerke mit und ohne Nachbrenner sollen miteinander verglichen werden. Die beiden Triebwerke sollen für den Fall betrachtet werden, dass beide Flugzeuge stillstehen.

Der isentrope Wirkungsgrad der Turbine beträgt  $\eta_{s,T} = 90\%$ . Die Expansion in der Düse erfolgt bis zum Umgebungsdruck  $p_a$  und wird als reversibel adiabat angenommen. Die Umgebungsbedingungen sind  $T_a = 298,15\text{ K}$  und  $p_a = 1013,25\text{ mbar}$ .

Die Triebwerke haben abgesehen vom Nachbrenner identische Parameter:

Verdichtungsverhältnis	$\Pi = 14,8$
Spezifische Verdichtungsarbeit	$w_{t12} = 400\text{ kJ/kg}$
Brennstoffzufuhr in der Brennkammer	$f_1 = 0,02$
Brennstoffzufuhr im Nachbrenner	$f_2 = 0,012$
Druckverlust in der Brennkammer	$\Delta p_{23} = 3\%$
Turbineneintrittstemperatur	$T_3 = 1460\text{ K}$

Die Verbrennungsgase können als ideales Gas betrachtet werden. Die Stoffdaten der Verbrennungsgase werden als konstant angenommen. Die Stoffdaten, die nach der Verbrennung in der Brennkammer vorliegen, können auch für Verbrennungsgase nach dem Nachbrenner verwendet werden:

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 ohne Nachbrenner die spezifische (Schub-) Leistung ( $\frac{\dot{E}_{kin}}{\dot{m}_1}$ ) des Triebwerks. (9)

b) Berechnen Sie die Änderung der spezifischen Leistung für das Strahltriebwerk mit Nachbrenner, wenn die Verbrennungsgase im Nachbrenner wieder bis zur Turbineneintrittstemperatur von 1460 K erhitzt werden. (4)

