

Kraft- und Arbeitsmaschinen

Klausur zur Diplom-Hauptprüfung, 15. August 2005

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

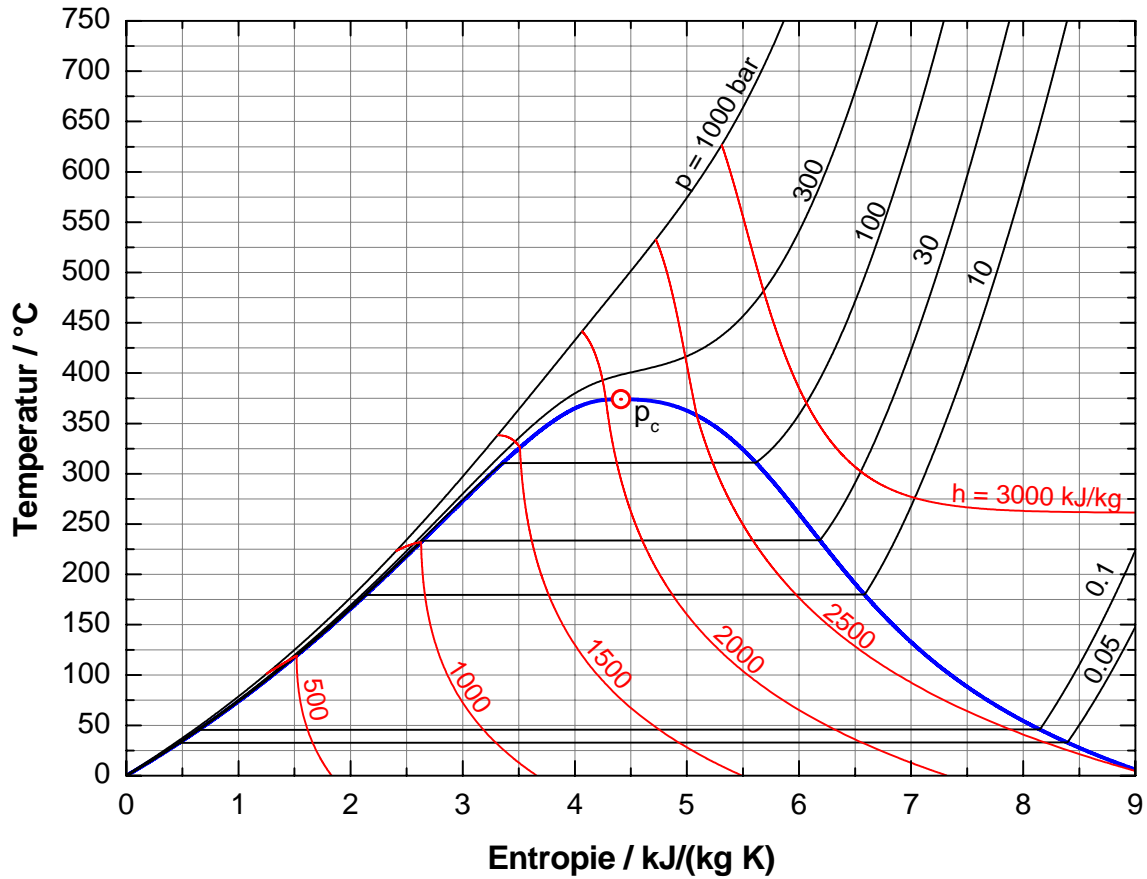
Frage	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrekteur
1	4		
2	4		
3	4		
4	4		
5	4		
6	4		

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punkte	Korrekteur
1	13		
2	13		
Summe Bewertung			

1. Frage Dampfkraftprozess (4 Punkte)

Erläutern Sie, warum bei der Expansion von 100 bar auf 100 mbar eine Erhöhung der Turbineneintrittstemperatur (Frischdampf­temperatur) dazu führen kann, dass die Notwendigkeit einer zusätzlichen Zwischenüberhitzung entfällt?

Hinweis: Verwenden Sie das unten gezeigte T-s-Diagramm zur graphischen Veranschaulichung Ihrer Antwort.



2. Frage Kreiselpumpe**(4 Punkte)**

Eine Kreiselpumpe fördert bei Umgebungsdruck ($p_a = 1013,25 \text{ mbar}$) Wasser mit einer Temperatur von 50°C . Wie groß ist die maximale Saughöhe der Pumpe, wenn sie bei dem vorgegebenen Volumenstrom einen NPSH-Wert von 4 (m Wassersäule) aufweist?

Hinweis: Der Dampfdruck von Wasser bei 50°C entspricht etwa 1 m Wassersäule.

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

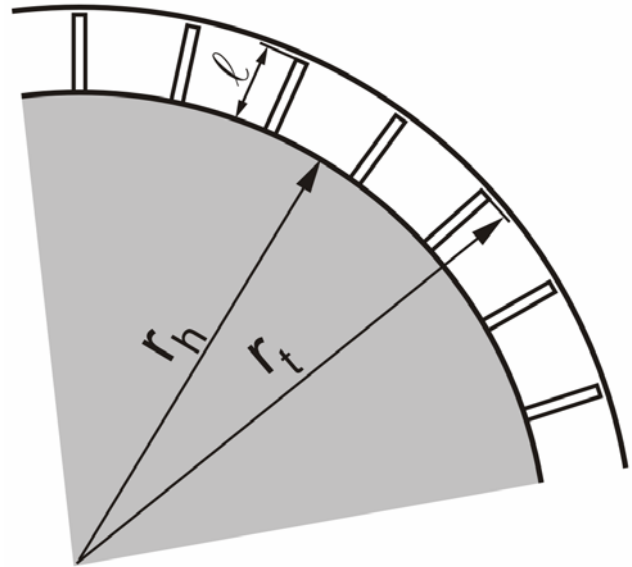
Warum findet bei modernen Gasturbinen vor der Verbrennung eine vollständige Vormischung von Luft und Brennstoff statt?

4. Frage Axialverdichter

(4 Punkte)

Bei Axialverdichtern mit hohen Wirkungsgraden (isentrop als auch polytrop) ist die Schaufellänge $\ell = r_t - r_h$ relativ klein im Vergleich zum Radius des Rotors r_h .

Warum ist das so?



5. Frage Kolbenmaschinen (4 Punkte)

Welcher grundsätzlicher Unterschied besteht bezüglich der Ventilsteuerung zwischen einem Kolbenverdichter und einem 4-Takt Ottomotor?

6. Frage Gasturbine (4 Punkte)

Worin unterscheiden sich bei einer Gasturbine die Brennkammeraustrittstemperatur und die Turbineneintrittstemperatur (TIT) nach ISO?

1. Aufgabe Axiale Verdichtungsstufe (13 Punkte)

In eine axiale Verdichterstufe strömt ein Massenstrom Luft von 45,2 kg/s bei Umgebungsbedingungen ($T_a = 288,15 \text{ K}$ und $p_a = 1013,25 \text{ mbar}$) ein. Die Anströmung erfolgt rein axial.

Die Abmessungen des Laufrades der ersten Verdichterstufe werden über die gesamte Stufe als konstant betrachtet und betragen:

Fußdurchmesser:	$D_h = 557 \text{ mm}$
Kopfdurchmesser:	$D_t = 705 \text{ mm}$

Der Verdichter wird mit einer konstanten Drehzahl $n = 7500 \text{ min}^{-1}$ betrieben

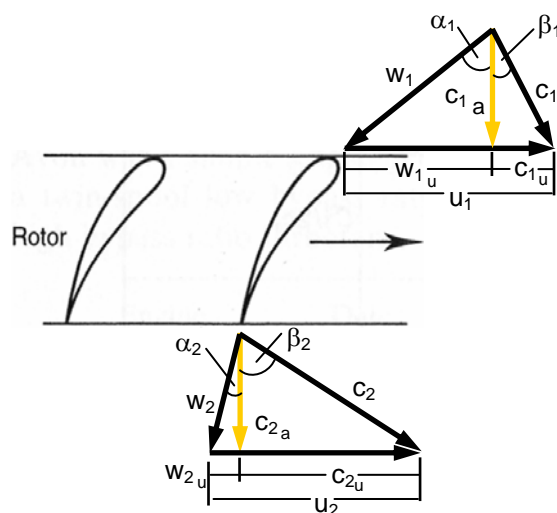
Von den Geschwindigkeiten am Ein- und Austritt des Laufrades ist bekannt, dass die Absolutgeschwindigkeit am Austritt des Laufrades das 1,1-fache der Anströmgeschwindigkeit c_{1a} beträgt. Die Axialkomponente der Geschwindigkeit am Austritt ist gleich der am Eintritt ($c_{2a} = c_{1a}$).

Die einströmende Luft kann als ideales Gas betrachtet werden. Folgende Stoffdaten sind gegeben:

Molmasse der Luft	$M_L = 28,96 \text{ g/mol}$
Universelle Gaskonstante	$R_0 = 8,314472 \text{ kJ/(kmol K)}$

- a) Berechnen Sie die Ein- und Austrittswinkel α_1 und α_2 am Ein- und Austritt des Laufrades. (9)
- b) Berechnen Sie die spezifische technische Arbeit und die Leistung, die der Luft im Laufrad zugeführt werden. (4)

Hinweis: Bitte folgen Sie bei der Benennung von Winkeln und Geschwindigkeiten dem folgenden Schema.



2. Aufgabe Strahltriebwerk

(13 Punkte)

Zwei Strahltriebwerke mit und ohne Nachbrenner sollen miteinander verglichen werden. Dazu sollen die beiden Triebwerke beim Start (Umgebungsbedingungen: $T_a = 288,15 \text{ K}$ und $p_a = 1013,25 \text{ mbar}$) betrachtet werden. Da sich die Triebwerke am Erdboden befinden, beträgt die Anströmgeschwindigkeit $v = 0 \text{ m/s}$.

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 Triebwerke haben abgesehen vom Nachbrenner identische Parameter:

Verdichtungsverhältnis	$\Pi = 14,8$
Spezifische Verdichtungsarbeit	$w_{t12} = 395 \text{ kJ/kg}$
Brennstoffzufuhr in der Brennkammer	$f_1 = 0,02$
Brennstoffzufuhr im Nachbrenner	$f_2 = 0,015$
Druckverlust in der Brennkammer	$\Delta p_{23} = 4\%$
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 ($\dot{E}_{kin} / \dot{m}_1$) 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)

