



| | |
|------------------|--|
| Name, Vorname | |
| Matrikel-Nr. | |
| Studienzentrum | |
| Studiengänge | Wirtschaftsingenieurwesen Sonderstudiengang Technik |
| Modul | Kraft- und Arbeitsmaschinen |
| Art der Leistung | Prüfungsleistung |
| Klausur-Knz. | WB-KMA-P11-090425 TB-KMA-P11-090425 |
| Datum | 25.04.2009 |

Wichtige Hinweise zum Ablauf dieser Prüfung!

Die Klausur besteht aus **zwei** Teilen:

- Im 1. Teil werden Ihnen Aufgaben gestellt, die Sie **ohne Hilfsmittel** zu lösen haben.
- Im 2. Teil werden Ihnen Aufgaben gestellt, für deren Lösung Sie die **angegebenen Hilfsmittel** verwenden dürfen. Dieser Aufgabenteil wird Ihnen **erst dann** ausgehändigt, wenn Sie Ihre Arbeitsbögen zum 1. Teil beim Aufsichtsführenden abgegeben haben.

Beachten Sie bei Ihrer Zeiteinteilung, dass für die Lösung des 2. Aufgabenteils ca. **50 Minuten** einzuplanen sind.

Ausgegebene Arbeitsbögen

zum 1. Teil: ____ + 1 zum 2. Teil: ____

Ort, Datum

Name in Druckbuchstaben und Unterschrift Aufsichtsführende(r)

Abgegebene Arbeitsbögen

zum 1. Teil: ____ + 1 zum 2. Teil: ____

Ort, Datum

Prüfungskandidat(in)

| | | 1. Teil | | | | | 2. Teil | | | Summe | Note |
|-----------------|-----------------------------|---------|---|----|----|----|---------|----|----|-------|------|
| Aufgabe | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| max. Punktezahl | | 14 | 8 | 12 | 10 | 12 | 15 | 15 | 14 | 100 | -- |
| Bewertung | Prüfer | | | | | | | | | | |
| | ggf. Gutachter ¹ | | | | | | | | | | |

Prüfer (Name in Druckbuchstaben)

Datum, Unterschrift

ggf. Gutachter (Name in Druckbuchstaben)

Datum, Unterschrift

Anmerkungen Prüfer:

Datum, Unterschrift

Anmerkungen Gutachter:

Datum, Unterschrift

¹ ggf. Gutachten in Rahmen eines Widerspruchsverfahrens



| | |
|------------------|--|
| Studiengänge | Wirtschaftsingenieurwesen Sonderstudiengang Technik |
| Modul | Kraft- und Arbeitsmaschinen |
| Art der Leistung | Prüfungsleistung |
| Klausur-Knz. | WB-KMA-P11-090425, TB-KMA-P11-090425 |
| Datum | 25.04.2009 |

Bezüglich der Anfertigung Ihrer Arbeit sind folgende Hinweise verbindlich:

- Verwenden Sie ausschließlich das **vom Aufsichtsführenden zur Verfügung gestellte Papier** und geben Sie sämtliches Papier (Lösungen, Schmierzettel und nicht gebrauchte Blätter) zum Schluss der Klausur wieder bei Ihrem Aufsichtsführenden ab. Eine nicht vollständig abgegebene Klausur gilt als nicht bestanden. Die Klausur-Aufgaben können einbehalten werden. Dies bezieht sich **nicht** auf ausgeteilte Arbeitsblätter, auf denen Lösungen einzutragen sind.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen** und Ihrer **Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 der Breite als **Rand für Korrekturen** frei und nummerieren Sie die Seiten fortlaufend. Notieren Sie bei jeder Ihrer Antworten, auf welche Aufgabe bzw. Teilaufgabe sich diese bezieht.
- Die Lösungen und Lösungswege sind in einer für den Prüfer **zweifelsfrei lesbaren Schrift** abzufassen. Korrekturen und Streichungen sind eindeutig vorzunehmen. Unleserliches wird nicht bewertet.
- Bei numerisch zu lösenden Aufgaben ist außer der Lösung stets der **Lösungsweg anzugeben** aus dem eindeutig hervorzugehen hat, wie die Lösung zustande gekommen ist.
- Zur Prüfung sind bis auf Schreib- und Zeichenutensilien ausschließlich die nachstehend genannten **Hilfsmittel** zugelassen. Werden andere als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet oder **Täuschungsversuche** festgestellt, gilt die Prüfung als nicht bestanden und wird mit der **Note 5** bewertet.

| | |
|--------------------------|------------|
| Bearbeitungszeit: | 90 Minuten |
| Anzahl Aufgaben: | – 8 – |
| Höchstpunktzahl: | – 100 – |

| Hilfsmittel: |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Aufgaben 1 bis 5: keine • Aufgaben 6 bis 8: Studienbriefe 1 bis 5, HFH-Taschenrechner |

Vorläufiges Bewertungsschema:

| Punktzahl | | Note | |
|-----------|--------------|------|-------------------|
| von | bis einschl. | | |
| 95 | 100 | 1,0 | sehr gut |
| 90 | 94,5 | 1,3 | sehr gut |
| 85 | 89,5 | 1,7 | gut |
| 80 | 84,5 | 2,0 | gut |
| 75 | 79,5 | 2,3 | gut |
| 70 | 74,5 | 2,7 | befriedigend |
| 65 | 69,5 | 3,0 | befriedigend |
| 60 | 64,5 | 3,3 | befriedigend |
| 55 | 59,5 | 3,7 | ausreichend |
| 50 | 54,5 | 4,0 | ausreichend |
| 0 | 49,5 | 5,0 | nicht ausreichend |

1. Teil der Klausur

— ohne Hilfsmittel —

Aufgabe 1 insg. 14 Punkte

- a) Erläutern Sie den grundsätzlichen Unterschied zwischen Kraft- und Arbeitsmaschinen bzw. was wird unter Kraft- und was unter Arbeitsmaschinen verstanden. 4 Pkte
- b) Welches sind die beiden wichtigsten Arbeitsmedien (Fluide) der Kraft- und Arbeitsmaschinen und worin unterscheiden sich diese im Wesentlichen? 4 Pkte
- c) Nennen Sie mindestens drei verschiedene Strömungsarten. 6 Pkte

Aufgabe 2 insg. 8 Punkte

Bei Dampfturbinen werden im Hochdruck- und im Mitteldruckbereich das Gleichdruck- und das Reaktionsprinzip unterschieden.

- a) Vergleichen Sie das Gleichdruck- und das Reaktionsprinzip, indem Sie von den nachstehend genannten Kriterien die jeweils zutreffenden auf dem beiliegenden Arbeitsblatt ankreuzen. Dabei darf in jeder Zeile nur ein Kreuz stehen. 5 Pkte

| Vergleichskriterium | | Gleichdruckprinzip | Reaktionsprinzip |
|--|------------|--------------------|------------------|
| Reaktionsgrad r | 0 bzw. 0,1 | | |
| | 0,5 | | |
| Enthalpie- bzw. Druckdifferenz einer Turbinenstufe | groß | | |
| | klein | | |
| Erforderliche Stufenzahl der Turbine | groß | | |
| | klein | | |
| Wirkungsgrad | besser | | |
| | schlechter | | |
| Leitschaufeln in „Zwischenböden“ | | | |
| Laufschauflern auf „Trommel“ | | | |

- b) Welches Verhältnis gibt der Reaktionsgrad r an? 3 Pkte

Aufgabe 3 insg. 12 Punkte

Zu den Verdichtern mit rotierendem Verdränger gehören Schraubenverdichter und Drehkolbengebläse (ROOTS-Gebläse).

- a) Vergleichen Sie Schraubenverdichter und Drehkolbengebläse in Bezug auf die Höhe des Druckverhältnisses und begründen Sie den Unterschied. 6 Pkte
- b) Mit welchen Maßnahmen kann der Volumenstrom eines Schraubenverdichters geregelt werden? 3 Pkte
- c) Welchen Vorteil besitzen Drehkolbengebläse bezüglich der Qualität der verdichteten Gase gegenüber Schraubenverdichtern mit Innenkühlung? 3 Pkte

Aufgabe 4**insg. 10 Punkte**

- a) Beschreiben Sie in kurzen Worten, wann ein Verbrennungsmotor „klopft“ und wann „nagelt“. Geben Sie dabei auch an, bei welchem Motor (DIESEL- oder OTTO-Motor) das „Klopfen“ und bei welchem das „Nageln“ auftritt. **6 Pkte**
- b) Welche Kennzahl beschreibt die Zündwilligkeit: **4 Pkte**
- des OTTO-Kraftstoffes und welche die
 - des DIESEL-Kraftstoffes?

Aufgabe 5**insg. 12 Punkte**

- a) Nennen Sie mindestens drei Vorteile, die eine Brennstoffzelle gegenüber einer herkömmlichen Wärmekraftmaschine besitzt. **6 Pkte**
- b) Führen Sie drei Probleme an, die einer breiten Einführung der Brennstoffzelle trotz der vielen Vorteile noch im Wege stehen. **6 Pkte**

Name, Vorname:

1. Teil der Klausur

— ohne Hilfsmittel —

**Dieses Aufgabenblatt ist Teil Ihrer Arbeitsbögen.
Bitte tragen Sie Ihren Namen ein und geben Sie dieses Blatt in jedem Fall
zusammen mit Ihren übrigen Arbeitsbögen ab.**

Zu Aufgabe 2 a):

| Vergleichskriterium | | Gleichdruckprinzip | Reaktionsprinzip |
|--|------------|--------------------|------------------|
| Reaktionsgrad r | 0 bzw. 0,1 | | |
| | 0,5 | | |
| Enthalpie- bzw. Druckdifferenz einer Turbinenstufe | groß | | |
| | klein | | |
| Erforderliche Stufenzahl der Turbine | groß | | |
| | klein | | |
| Wirkungsgrad | besser | | |
| | schlechter | | |
| Leitschaufeln in „Zwischenböden“ | | | |
| Laufschaukeln auf „Trommel“ | | | |

2. Teil der Klausur — mit Hilfsmitteln —

Aufgabe 6

insg. 15 Punkte

Bei einer Kreiselpumpe zur Förderung von Wasser mit einer Dichte von $\rho \approx 1 \text{ g/cm}^3$ sind die folgenden Werte bei einer Drehzahl von $n_1 = 2800 \text{ min}^{-1}$ gemessen worden:

- Förderhöhe $H_1 = 65 \text{ m}$,
- Volumenstrom $\dot{V}_1 = 48 \text{ l/s}$,
- Wirkungsgrad $\eta = 0,78$.

Der Laufraddurchmesser der Wasserpumpe beträgt $d_1 = 240 \text{ mm}$.

Berechnen Sie für eine modellähnliche Pumpe, die bei einer Drehzahl von $n_2 = 2100 \text{ min}^{-1}$ ein Fluid mit 20 % höherer Dichte fördert:

- a) den Volumenstrom \dot{V}_2 und
- b) die Leistung P_2 .

5 Pkte

10 Pkte

Die modellähnliche Pumpe besitzt einen Laufraddurchmesser von $d_2 = 280 \text{ mm}$.

Aufgabe 7

insg. 15 Punkte

Ein Vierzylinder-Viertakt-Motor besitzt folgende Daten:

- Kompressionsvolumen eines Zylinders $V_{C,Z} = 22,4 \text{ cm}^3$
- Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = 21$
- Effektiv nutzbare Arbeit $W_e = 1,98 \text{ kJ}$
- Drehzahl $n = 4500 \text{ min}^{-1}$

Berechnen Sie:

- a) das Hubvolumen V_H des Motors,
- b) die spezifische Arbeit w_{ev} und
- c) die effektive Leistung P_e .

7 Pkte

4 Pkte

4 Pkte

Aufgabe 8

insg. 14 Punkte

Eine waagrecht angeordnete Wasserleitung mit dem Durchmesser $d_1 = 40 \text{ mm}$ und dem Wasserdruck $p_1 = 5 \text{ bar}$ verjüngt sich im weiteren Verlauf auf $d_2 = 20 \text{ mm}$. Mittels einer nachfolgenden Apparatur werden am Durchmesser d_2 pro Minute 180 Liter Wasser ($\rho \approx 1 \text{ g/cm}^3$) entnommen.

Bestimmen Sie:

- a) die Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers c_1 im Rohrabschnitt mit dem Durchmesser d_1 und die Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers c_2 im Rohrabschnitt mit dem Durchmesser d_2 sowie
- b) den Druck p_2 im Rohrabschnitt mit dem Durchmesser d_2 bei einer verlustfreien Strömung.

10 Pkte

4 Pkte

Korrekturrichtlinie zur Prüfungsleistung
Kraft- und Arbeitsmaschinen am 25.04.2009
Wirtschaftsingenieurwesen, Sonderstudiengang Technik
WB-KMA-P11-090425, TB-KMA-P11-090425

Für die Bewertung und Abgabe der Prüfungsleistung sind folgende Hinweise verbindlich:

- Die Vergabe der Punkte nehmen Sie bitte so vor, wie in der Korrekturrichtlinie ausgewiesen. Eine summarische Angabe von Punkten für Aufgaben, die in der Korrekturrichtlinie detailliert bewertet worden sind, ist nicht gestattet.
- Nur dann, wenn die Punkte für eine Aufgabe nicht differenziert vorgegeben sind, ist ihre Aufschlüsselung auf die einzelnen Lösungsschritte Ihnen überlassen.
- Stoßen Sie bei Ihrer Korrektur auf einen anderen richtigen, als den in der Korrekturrichtlinie angegebenen Lösungsweg, dann nehmen Sie bitte die Verteilung der Punkte sinngemäß zur Korrekturrichtlinie vor.
- Rechenfehler sollten grundsätzlich nur zur Abwertung des betreffenden Teilschrittes führen. Wurde mit einem falschen Zwischenergebnis richtig weitergerechnet, so erteilen Sie die hierfür vorgesehenen Punkte ohne weiteren Abzug.
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer zweifelsfrei lesbaren **roten** Schrift vor.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die daraus sich gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebende Bewertung tragen Sie in den Klausur-Mantelbogen ein. Unterzeichnen Sie Ihre Notenfestlegung auf dem Mantelbogen.
- Ihrer Bewertung ist folgendes Bewertungsschema zugrunde zu legen:

| Punktzahl | | Note | |
|-----------|--------------|------|-------------------|
| von | bis einschl. | | |
| 95 | 100 | 1,0 | sehr gut |
| 90 | 94,5 | 1,3 | sehr gut |
| 85 | 89,5 | 1,7 | gut |
| 80 | 84,5 | 2,0 | gut |
| 75 | 79,5 | 2,3 | gut |
| 70 | 74,5 | 2,7 | befriedigend |
| 65 | 69,5 | 3,0 | befriedigend |
| 60 | 64,5 | 3,3 | befriedigend |
| 55 | 59,5 | 3,7 | ausreichend |
| 50 | 54,5 | 4,0 | ausreichend |
| 0 | 49,5 | 5,0 | nicht ausreichend |

- Die korrigierten Arbeiten reichen Sie bitte spätestens bis zum

13. Mai 2009

in Ihrem Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der angegebene Termin ist unbedingt einzuhalten. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen eine Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich dem Prüfungsamt der Hochschule anzuzeigen (Tel. 040 / 35094-311 bzw. birgit.hupe@hamburger-fh.de).

Lösung 1 **vgl. SB 1: Einleitung, ÜA 1.2, Kap. 1.2.1** **insg. 14 Punkte**

- a) **Unterschied zwischen Kraft- und Arbeitsmaschinen:** 4 Pkte
- *Kraftmaschinen* entziehen einem Arbeitsmedium Energie und setzen diese in mechanische Energie um. (je 2 Pkte)
 - *Arbeitsmaschinen* nutzen mechanische Energie, um die Energie des Arbeitsmediums zu erhöhen.
- b) **Arbeitsmedien der Kraft- und Arbeitsmaschinen und deren Unterscheidung:** 4 Pkte
- Flüssigkeiten und Gase (2 Pkte)
- Flüssigkeiten sind im Gegensatz zu Gasen praktisch inkompressibel und besitzen eine etwa tausendfach höhere Dichte als Gase. (2 Pkte)
- c) **Strömungsarten:** 6 Pkte
- inkompressible Strömungen,
 - kompressible Strömungen,
 - ideale (reibungsfreie) Strömungen,
 - reale Strömungen (mit Reibung und damit mit Energieverlust), (je 2 Pkte)
 - stationäre (geschwindigkeitsgleichbleibende) Strömungen,
 - instationäre (zeitlich veränderliche) Strömungen,
 - laminare Strömungen,
 - turbulente Strömungen.

Lösung 2 **vgl. SB 2: Kap. 3.2** **insg. 8 Punkte**

- a) **Gleichdruck- und das Reaktionsprinzip:** 5 Pkte

| Vergleichskriterium | | Gleichdruckprinzip | Reaktionsprinzip |
|--|------------|--------------------|------------------|
| Reaktionsgrad r | 0 bzw. 0,1 | X | |
| | 0,5 | | X |
| Enthalpie- bzw. Druckdifferenz einer Turbinenstufe | groß | X | |
| | klein | | X |
| Erforderliche Stufenzahl der Turbine | groß | | X |
| | klein | X | |
| Wirkungsgrad | besser | | X |
| | schlechter | X | |
| Leitschaufeln in „Zwischenböden“ | | X | |
| Laufschaukeln auf „Trommel“ | | | X |

(je 0,5 Pkte pro richtiger Antwort)

- b) **Reaktionsgrad r :** 3 Pkte
- Der Reaktionsgrad r ist das Verhältnis des im Laufrad umgesetzten Enthalpiegefälles zum Stufengefälle.

Lösung 3

vgl. SB 3: Kap. 4.2, 4.3

insg. 12 Punkte

- a) **Vergleich der Druckverhältnisse bei Schraubenverdichter und Drehkolbengebläse:** **6 Pkte**
 Der Schraubenverdichter hat ein deutlich höheres Druckverhältnis als das Drehkolbengebläse. (2 Pkte)
 Die Druckzunahme im Drehkolbengebläse erfolgt durch Rückströmen einer Teilmenge des bereits verdichteten Gases. Dieser Vorgang ist mit Verlusten verbunden, die umso größer sind, je größer die Druckdifferenz ist. (4 Pkte)
- b) **Maßnahmen zur Regelung des Volumenstroms eines Schraubenverdichters:** **3 Pkte**
 Der Volumenstrom eines Schraubenverdichters kann durch Drehzahländerung sowie inneren oder äußeren Bypass geregelt werden.
- c) **Vorteil von Drehkolbengebläse in Bezug auf die Qualität der verdichteten Gase:** **3 Pkte**
 Die verdichteten Gase sind ölfrei.

Lösung 4

vgl. SB 4: Kap. 1.7.1, 1.8.1

insg. 10 Punkte

- a) **„Klopfen“ und „Nageln“ bei Verbrennungsmotoren:** **6 Pkte**
 • Der *OTTO-Motor* „klopft“, wenn der Brennstoff zu zündwillig und/oder der Motor zu heiß ist. (je 3 Pkte)
 • Der *DIESEL-Motor* „nagelt“, wenn der Kraftstoff zündunwillig und/oder der Motor zu kalt ist.
- b) **Kennzahlen der Zündwilligkeit:** **4 Pkte**
 • OTTO-Kraftstoff: Oktanzahl (je 2 Pkte)
 • DIESEL-Kraftstoff: Cetanzahl

Lösung 5

vgl. SB 5: Kap. 2.1

insg. 12 Punkte

- a) **Vorteile einer Brennstoffzelle gegenüber einer herkömmlichen Wärmekraftmaschine:** **6 Pkte**
 • Schadstoffarmut,
 • vergleichsweise hoher elektrischer Wirkungsgrad,
 • gutes Teillastverhalten,
 • niedriger Lärmpegel (da wenig bewegte mechanische Teile), (je 2 Pkte)
 • direkte Umwandlung der chemischen Energie eines Brennstoffes in elektrische Energie,
 • geringerer mechanischer Aufwand (als für Motoren und Generatoren).
- b) **Probleme bei der breiten Einführung der Brennstoffzelle:** **6 Pkte**
 • Herstellung des reinen Wasserstoffs,
 • Wasserstoffspeicherung (in ausreichender Menge in akzeptablen, d. h. auch transportablen Behältergrößen),
 • Größe der Brennstoffzellenanlagen (bedingt durch die Vielzahl voluminöser Zusatzaggregate wie Pumpen, Wärmeaustauscher, Kühlungsaggregate etc.), (je 2 Pkte)
 • teurer Katalysator (Platin/Edelmetall),
 • zur Zeit noch hohe Investitionskosten und
 • kurze Lebensdauer.

Lösung 6

vgl. SB 1: Kap. 2.2, 2.3

insg. 15 Punkte

- a) Berechnung des Volumenstroms
- \dot{V}_2
- . Aus:

5 Pkte

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 \quad \text{folgt:} \quad \text{Gl. (2.2)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^3 \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\dot{V}_2 = 48 \text{ l/s} \cdot \frac{2100}{2800} \cdot \left(\frac{280}{240}\right)^3 = 57,17 \text{ l/s} \quad (2 \text{ Pkte})$$

- b) Berechnung der Leistung
- P_2
- . Aus:

10 Pkte

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^5 \quad \text{folgt:} \quad \text{Gl. (2.6)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^5 \quad (1 \text{ Pkt})$$

Bestimmung der zur Berechnung von P_2 erforderlichen Leistung P_1 unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades η :

$$P_1 = \Delta p_1 \cdot \dot{V}_1 \cdot \frac{1}{\eta} = \rho \cdot g \cdot H_1 \cdot \dot{V}_1 \cdot \frac{1}{\eta} \quad \text{Gl. (2.11), Gl. (1.19)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$P_1 = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 65 \text{ m} \cdot 0,048 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{1}{0,78} \cdot \frac{\text{kW}}{10^3 \text{ W}} = 39,24 \text{ kW} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit $\rho_2 = 1,2 \cdot \rho_1$ (siehe Aufgabenstellung) folgt:

(1 Pkt)

$$P_2 = 39,24 \text{ kW} \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{2100}{2800}\right)^3 \cdot \left(\frac{280}{240}\right)^5 = 42,94 \text{ kW} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Lösung 7

vgl. SB 4: Kap. 1.2

insg. 15 Punkte

- a) Das Hubvolumen eines Zylinders ergibt sich aus dem Verdichtungs- bzw. Volumenverhältnis
- ε
- :

7 Pkte

$$\varepsilon = \frac{V_{H,Z} + V_{C,Z}}{V_{C,Z}} \quad \text{Gl. (1.1)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$V_{H,Z} = \varepsilon \cdot V_{C,Z} - V_{C,Z} = V_{C,Z} \cdot (\varepsilon - 1) \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$V_{H,Z} = 22,4 \text{ cm}^3 \cdot (21 - 1) = 448 \text{ cm}^3 \quad (1 \text{ Pkt})$$

Für den Motor (vier Zylinder) ergibt sich das Hubvolumen zu:

$$V_H = z \cdot V_{H,Z} \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$V_H = 4 \cdot 448 \text{ cm}^3 = 1792 \text{ cm}^3 \approx 1,8 \text{ dm}^3 \quad (1 \text{ Pkt})$$

- b) Die Gleichung zur Berechnung der spezifischen Arbeit lautet: 4 Pkte

$$w_{\text{ev}} = \frac{W_e}{V_H} \quad \text{Gl. (1.5)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$w_{\text{ev}} = \frac{1,98 \text{ kJ}}{1,8 \text{ dm}^3} = 1,1 \text{ kJ/dm}^3 \quad (2 \text{ Pkte})$$

- c) Die effektive Leistung errechnet sich bei Viertaktmotoren nach: 4 Pkte

$$P_e = W_e \cdot \frac{n}{2} \quad \text{Gl. (1.8)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$P_e = 1,98 \text{ kJ} \cdot \frac{4500}{\text{min} \cdot 2} \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} = 74,25 \text{ kJ/s} = 74,25 \text{ kW} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Lösung 8

vgl. SB 1: Kap. 1.2.4, Beispiel 1.4

insg. 14 Punkte

- a) Strömungsgeschwindigkeiten c_1 und c_2 : 10 Pkte

Die Fließgeschwindigkeit berechnet sich nach:

$$c = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d^2} \quad \text{Gl. (1.24)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit $\dot{V} = \frac{180 \text{ dm}^3}{60 \text{ s}} = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ folgt: (2 Pkte)

$$c_1 = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot (40 \cdot 10^{-3})^2 \text{ m}^2} = 2,4 \text{ m/s} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Aus der Kontinuitätsgleichung:

$$\dot{V} = A_1 \cdot c_1 = A_2 \cdot c_2 = \text{konst.} \quad \text{folgt:} \quad \text{Gl. (1.24)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$c_2 = c_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} = c_1 \cdot \frac{\frac{d_1^2}{4} \cdot \pi}{\frac{d_2^2}{4} \cdot \pi} = c_1 \cdot \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 = 2,4 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{40 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \right)^2 = 9,6 \text{ m/s} \quad (2 \text{ Pkte})$$

- b) Druck p_2 im Rohrabschnitt mit dem Durchmesser d_2 : 4 Pkte

Aus der BERNOULLI-Gleichung:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot c_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot c_2^2}{2} = \text{konst.} \quad \text{folgt:} \quad \text{Gl. (1.29)} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$p_2 = p_1 + \frac{\rho}{2} \cdot (c_1^2 - c_2^2) \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$p_2 = 5,0 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} + \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (2,4^2 - 9,6^2) \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 4,57 \text{ bar} \quad (1 \text{ Pkt})$$