



Fach	Kraft- und Arbeitsmaschinen
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	WI-KMA-P12-050409
Datum	09.04.2005

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.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen** und Ihrer **Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 ihrer 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 Korrektor **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:	– 9 –
Höchstpunktzahl:	– 100 –

Hilfsmittel:	
•	Für die Aufgaben 1 bis 6: keine
•	Für die Aufgaben 7 bis 9: Studienbriefe, 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. 6 Punkte

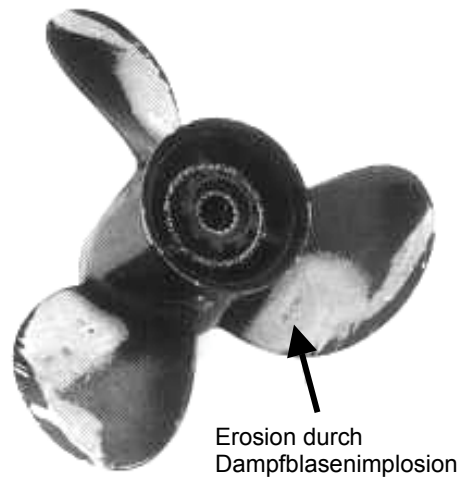
- a) Wodurch erfolgt die Energieumwandlung in einer Strömungsmaschine? 4 Pkte
- b) Wie wird die Gleichung genannt, die das Wirkungsprinzip einer Strömungsmaschine definiert? 2 Pkte

Aufgabe 2

insg. 5 Punkte

Wenn in einer Flüssigkeit an der Wandung Dampfblasen kondensieren, führt das im mikroskopischen Bereich zu Implosionen, die die Wandung (Werkstückoberfläche) zerstören.

- a) Wie heißt dieser Vorgang? 2 Pkte
- b) Wodurch entstehen diese Dampfblasen? 3 Pkte



Bildquelle: Wassersport Kellermann Northeim

Aufgabe 3

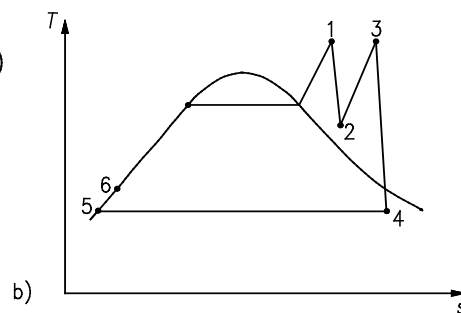
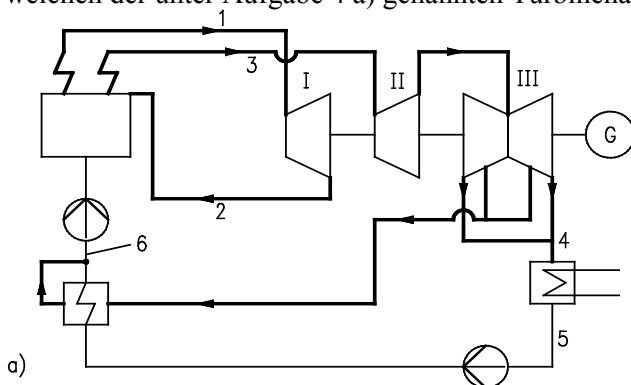
insg. 8 Punkte

Welche Regelungen des Förderstroms sind für Kolbenpumpen (wirtschaftlich) anwendbar?

Aufgabe 4

insg. 12 Punkte

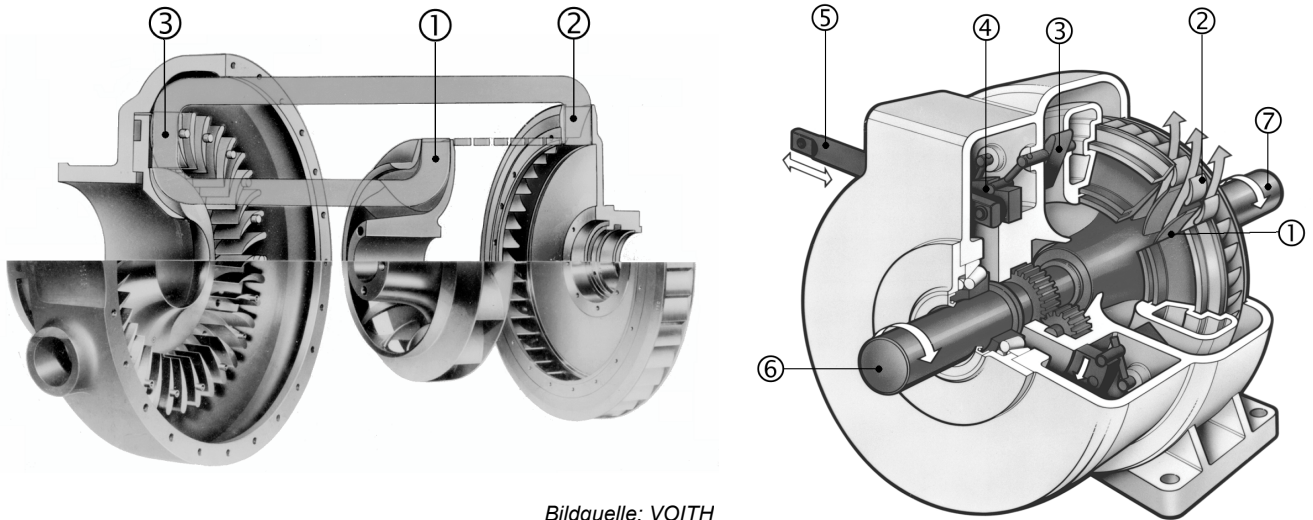
- a) Dampfturbinen werden u. a. nach dem Druck im Austrittsstutzen eingeteilt in 8 Pkte
- Gegendruckturbinen und
 - Kondensationsturbinen.
- Durch welche Funktionsmerkmale unterscheiden sich beide?
- b) Welche der unter Abb. a) in der Maschinenanordnung dargestellten Turbinen I, II und III sind welchen der unter Aufgabe 4 a) genannten Turbinenarten zuzuordnen? 4 Pkte



Aufgabe 5

insg. 8 Punkte

Erklären Sie auch unter Zuhilfenahme der nachstehenden Skizzen Aufbau und Funktion eines Wandlers.

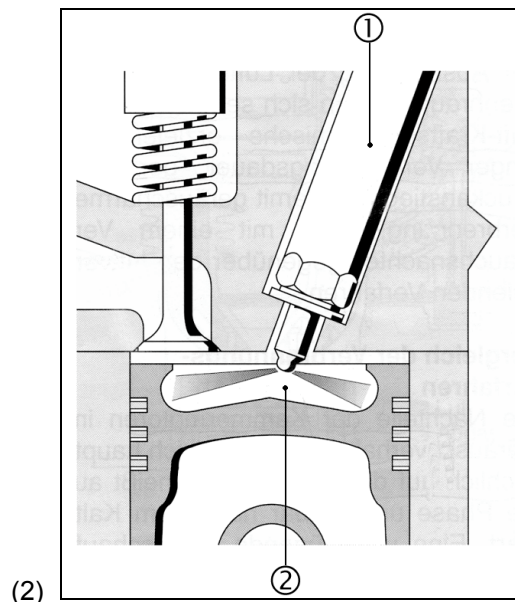
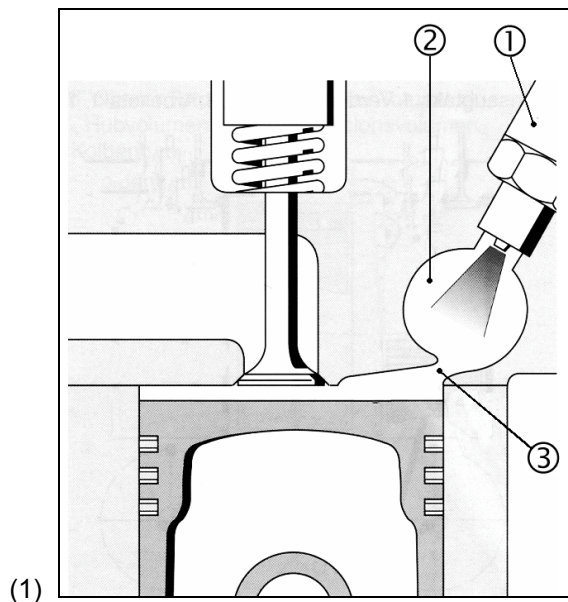


Bildquelle: VOITH

Aufgabe 6

insg. 10 Punkte

- a) Nennen Sie die zwei grundsätzlichen Einspritzverfahren bei Dieselmotoren, die nachstehend abgebildet sind. 4 Pkte
- b) Beschreiben Sie anhand der Abbildungen die Funktion dieser Verfahren unter Verwendung der in den Bildern angegebenen Ziffern. 6 Pkte



Bildquelle: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch (2002)

2. Teil der Klausur

— mit Hilfsmitteln —

Aufgabe 7

insg. 19 Punkte

Eine Radial-Pumpe hat folgende Daten:

Volumenstrom	$\dot{V}_1 = 500 \text{ m}^3/\text{h}$
Förderhöhe	$H_1 = 85 \text{ m}$
Maximale Drehzahl	$n_1 = 1480 \text{ min}^{-1}$
Laufgrad-Durchmesser	$d_1 = 475 \text{ mm}$
Gesamtwirkungsgrad	$\eta_1 = 0,7$.

Sie soll in einer Anlage mit nachfolgenden Anforderungen eingesetzt werden:

Volumenstrom	$\dot{V}_2 = 300 \text{ m}^3/\text{h}$
Förderhöhe	$H_2 = 35 \text{ m}$.

Die Pumpe soll an die Anlage so angepasst werden, dass möglichst wenig Antriebsleistung durch Drosselung verloren geht. Dafür können Motoren mit einer Drehzahl von 1480 min^{-1} , 982 min^{-1} oder 740 min^{-1} eingesetzt und/oder der Laufgrad-Durchmesser (durch Abdrehen) um maximal 5 % verkleinert werden. Die Dichte bleibt unverändert $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Berechnen Sie

- die neue Drehzahl n_2 , 9 Pkte
- den neuen Laufgrad-Durchmesser d_2 für eine Drehzahl $n_2 = 982 \text{ min}^{-1}$, 3 Pkte
- die Motorleistung der ursprünglichen und der geänderten Pumpe. Dabei ist anzunehmen, dass der Gesamtwirkungsgrad der geänderten Pumpe sich auf $\eta_2 = 0,5$ verschlechtert hat. 7 Pkte

Aufgabe 8

insg. 22 Punkte

Von einem Radial-Ventilator mit Keilriemenantrieb sind folgende Daten bekannt

Volumenstrom	$\dot{V} = 5000 \text{ m}^3/\text{h}$
Druckdifferenz	$\Delta p = 2500 \text{ Pa}$
Dichte	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
Laufgraddurchmesser	$d = 0,5 \text{ m}$.

Ermitteln Sie mit Hilfe des CORDIER-Diagramms

- die entsprechende Drehzahl des Ventilators, 18 Pkte
- die Motorleistung, wenn der Gesamtwirkungsgrad von Ventilator und Getriebe $\eta = 0,75$ beträgt. 4 Pkte

Aufgabe 9

insg. 10 Punkte

Eine doppelwirkende Kolbenpumpe soll zur Wasserförderung eingesetzt werden. Es sind folgende Daten bekannt:

Drehzahl	$n = 145 \text{ min}^{-1}$
Hub	$s = 0,06 \text{ m}$
Kolbendurchmesser	$D = 0,12 \text{ m}$
Durchmesser der Kolbenstange	$d = 0,02 \text{ m}$.

Berechnen Sie den Volumenstrom \dot{V} der Pumpe (Förderstrom).

**Korrekturrichtlinie zur Prüfungsleistung
Kraft- und Arbeitsmaschinen am 09.04.2005
Wirtschaftsingenieurwesen
WI-KMA-P12-050409**

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.
- Bitte achten Sie auf **Folgefehler**. Wurden bezogen auf eine falsche Lösung zu Folgefragen richtige Antworten bzw. Lösungen angegeben, dann sind diese ohne Punktabzug zu bewerten. **Das bezieht sich auf Aufgaben jeglicher Art, nicht nur auf numerisch zu lösende.**
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer **zweifelsfrei lesbaren Schrift** vor.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die daraus sich gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebende Bewertung tragen Sie in den **Klausur-Mantelbogen** sowie in die **Ergebnisliste** ein.
- Gemäß der Diplomprüfungsordnung ist Ihrer Bewertung folgendes **Notenschema** 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

27.04.2005

in Ihr Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der **angegebene Termin ist unbedingt einzuhalten**. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen ein Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich Ihrem Studienzentrenleiter anzuzeigen.

Lösung 1

vgl. SB 1: Abschn. 2.1.1

insg. 6 Punkte

- a) • In einer Strömungsmaschine erfolgt die Energieumwandlung durch Dralländerung des Fluids. 4 Pkte
 • Das wird durch die Umlenkung der Strömung erreicht. (je 2 Pkte)
- b) • EULERSche Gleichung. 2 Pkte

Lösung 2

vgl. SB 1: Abschn. 2.1.5

insg. 5 Punkte

- a) Kavitation (2 Pkte)
- b) Dampfblasen entstehen, wenn der Druck in der Flüssigkeit gleich dem (zur Flüssigkeitstemperatur gehörenden) Dampfdruck wird. (3 Pkte)

Lösung 3

vgl. SB 3: Abschn. 3.1.2

insg. 8 Punkte

Die Regelung des Volumenstromes ist möglich durch

- die Änderung der Drehzahl,
- die Änderung des Kolbenhubes, (je 2 Pkte)
- das Offenhalten des Saugventils,
- das Offenhalten des Umlaufventils.

Lösung 4

vgl. SB 2: Abschn. 2.6.3

insg. 12 Punkte

- a) Einteilung der Dampfturbinen: 8 Pkte
- **Gegendruckturbine:** Die Energie des Abdampfes wird noch für andere Zwecke ausgenutzt. Deshalb ist der Dampfdruck im Austrittsstutzen der Turbine größer als der Druck im Kondensator. (4 Pkte)
 - **Kondensationsturbinen:** Der Abdampf wird unmittelbar in den Kondensator geleitet und seine Kondensationswärme ohne weitere Ausnutzung an die Umgebung abgeführt. (4 Pkte)
- b) Zuordnung der Dampfturbinen: 4 Pkte
- I und II Gegendruckturbinen (2 Pkte)
(Die Nennung einer Turbinennummer genügt)
 - III Kondensationsturbinen (2 Pkte)

Lösung 5

vgl. SB 2: Abschn. 2.8

insg. 8 Punkte

- Ein Wandler ist eine Strömungsmaschine, die in einem kompakten Gehäuse eine *Kreiselpumpe*, eine *Turbine* und einen *Leitapparat* vereint. (3 Pkte)
- Ein Fluid (Öl) überträgt die Antriebsenergie vom Pumpenlaufrad unmittelbar auf das Turbinenrad. Der Leitapparat (Leitrad) führt das Fluid wieder zur Pumpe zurück und sorgt für optimale Anströmbedingungen der Pumpe. (2 Pkte)
- Während die Pumpe mit annähernd konstanter Antriebsdrehzahl und annähernd konstantem Antriebsmoment arbeitet, gibt die Turbine das Abtriebsmoment drehzahlabhängig (gewandelt) ab. (2 Pkte)
- Das Reaktionsmoment des Leitapparates ist die Differenz von Antriebs- und Abtriebsmoment und muss über das Gehäuse abgestützt werden. (1 Pkt)

Lösung 6

vgl. SB 4: Abschn. 3.5.8.2

insg. 10 Punkte

- a) Einspritzverfahren: 4 Pkte
 (1) Nebenkammerverfahren (2 Pkte)
 (2) Direkteinspritzverfahren (2 Pkte)
- b) Einteilung der Einspritzverfahren: 6 Pkte
Nebenkammerverfahren: Der Kraftstoff wird in eine kleine Nebenkammer des Brennraumes eingespritzt und dort vorverbrannt. Dadurch gute Gemischaufbereitung und nach Überströmen in den Hauptbrennraum schadstoffarme Verbrennung. (3 Pkte)
Direkteinspritzverfahren: Der Kraftstoff wird direkt in den Hauptbrennraum eingespritzt, und zwar in eine Brennraummulde im Kolben. (3 Pkte)

Lösung 7

vgl. SB 1: Abschn. 2.2.1 und 2.2.2

insg. 19 Punkte

- a) Die neue Drehzahl kann berechnet werden, indem man die Proportionalitätsgleichungen (2.11) und (2.13) nach dem Durchmesser Verhältnis umstellt: 9 Pkte

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} \cdot \frac{n_2}{n_1}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad (2 \text{ Pkte})$$

und anschließend gleichsetzt

$$\left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad (1 \text{ Pkt})$$

Die Gleichung wird nach der neuen Drehzahl n_2 durch folgende elementare Rechenoperationen umgestellt:

$$\left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\left[\left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{3}{2}} = \left[\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{3}{2}} \Rightarrow \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\frac{3}{4}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_2 = n_1 \cdot \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{\frac{3}{4}} \cdot \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3 \text{ Pkte})$$

Einsetzen der Größen liefert

$$n_2 = 1480 \text{ min}^{-1} \cdot \left(\frac{35 \text{ m}}{85 \text{ m}}\right)^{\frac{3}{4}} \cdot \left(\frac{500 \text{ m}^3/\text{h}}{300 \text{ m}^3/\text{h}}\right)^{\frac{1}{2}} = 982 \text{ min}^{-1} \quad (1 \text{ Pkt})$$

- b) Es kann eine der oben bereits nach dem Durchmesser Verhältnis umgestellten Proportionalitäts-
gleichungen benutzt werden **3 Pkte**

$$d_2 = d_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} \cdot \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Einsetzen der Größen liefert

$$d_2 = 475 \text{ mm} \cdot \frac{1480 \text{ min}^{-1}}{982 \text{ min}^{-1}} \cdot \left(\frac{35 \text{ m}}{85 \text{ m}} \right)^{\frac{1}{2}} = 459 \text{ mm}. \quad (1 \text{ Pkt})$$

- c) Die Leistung einer Pumpe wird nach Gl. (2.19) berechnet, wobei gem. Gl. (2.2) für **7 Pkte**

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot H \quad (1 \text{ Pkt})$$

gesetzt wird. Somit gilt

$$P_1 = \frac{\dot{V}_1 \cdot \rho \cdot g \cdot H_1}{\eta_1} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Einsetzen der Größen liefert

$$P_1 = \frac{500 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 85 \text{ m}}{\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{\text{h}}{0,7 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot \frac{\text{kWs}^3}{1000 \text{ kg m}^2} \approx 165 \text{ kW}. \quad (1 \text{ Pkt})$$

Analog gilt

$$P_2 = \frac{\dot{V}_2 \cdot \rho \cdot g \cdot H_2}{\eta_2} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Einsetzen der Größen liefert

$$P_2 = \frac{300 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 35 \text{ m}}{\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^2} \cdot \frac{\text{h}}{0,5 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot \frac{\text{kWs}^3}{1000 \text{ kg m}^2} \approx 57 \text{ kW}. \quad (1 \text{ Pkt})$$

Lösung 8

SB 1: Abschn. 2.2.4

insg. 22 Punkte

- a) Zuerst müssen die Druckdifferenz mit Gl. (2.2) in die Förderhöhe mit der Einheit „m“ und der
Volumenstrom in die Einheit „m³/s“ umgerechnet werden **18 Pkte**

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= \frac{2500 \text{ Pa}}{1,25 \text{ kg m}^{-3} \cdot 9,81 \text{ m s}^{-2}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{Pa s}^2 \text{ m}} \approx 204 \text{ m} \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$\dot{V} = \frac{5000 \text{ m}^3/\text{h}}{3600 \text{ s/h}} = 1,389 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}. \quad (1 \text{ Pkt})$$

Aus Gl. (2.27) wird der spezifische Durchmesser berechnet

$$d_q = d \cdot \frac{(H \text{ m}^{-1})^{0,25}}{(\dot{V} \text{ m}^{-3} \text{ s})^{0,5}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= 0,5 \text{ m} \cdot \frac{204^{0,25}}{1,389^{0,5}} = 1,603 \text{ m} \quad (1 \text{ Pkt})$$

und daraus mit Gl. (2.29) die Durchmesserzahl

$$\delta = 1,865 \cdot \frac{d_q}{1 \text{ m}} = 1,865 \cdot 1,603 = 2,99 \quad (2 \text{ Pkte})$$

Aus dem Diagramm werden für einen optimalen Ventilator abgelesen:

Bauart radial (Diagonal-Ventilatoren werden kaum gebaut) (1 Pkt)

Laufzahl $\sigma = 0,35$ (2 Pkte)

Nun kann mit Gl. (2.26) die spezifische Drehzahl

$$n_q = \sigma \cdot 157,8 \text{ min}^{-1} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= 0,35 \cdot 157,8 \text{ min}^{-1} = 55,23 \text{ min}^{-1}. \quad (1 \text{ Pkt})$$

und schließlich mit Gl. (2.24) die Drehzahl berechnet werden

$$n = n_q \cdot \frac{(H \text{ m}^{-1})^{0,75}}{(\dot{V} \text{ m}^{-3} \text{ s})^{0,5}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= 55,23 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{204^{0,75}}{1,389^{0,5}} = 2528 \text{ min}^{-1}. \quad (1 \text{ Pkt})$$

b) Die Leistung des Antriebsmotors wird mit Gl. (2.19) bestimmt **4 Pkte**

$$P = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= \frac{1,389 \text{ m}^3 \cdot 2500 \text{ Pa}}{\text{s} \cdot 0,75} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{Pa s}^2 \text{ m}} \cdot \frac{\text{W} \cdot \text{s}^3}{\text{kg m}^2} = 4630 \text{ W}. \quad (2 \text{ Pkte})$$

Lösung 9

vgl. SB 3: Kap. 3.3.1

insg. 10 Punkte

Der Volumenstrom berechnet sich gem. Gl. (3.1) aus dem gesamten Hubvolumen der Pumpe

$$\dot{V} = V_H \cdot n. \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

Das setzt sich bei einer doppelwirkenden Pumpe aus den Volumen der zwei gegenüberliegenden Arbeitsräume zusammen:

$$V_H = V_{H1} + V_{H2}. \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

Zu beachten ist, dass das Hubvolumen des antriebseitigen Arbeitsraumes um die Kolbenstange kleiner ist:

$$V_{H1} = A_{\text{Kolben}} \cdot s = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot s \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$V_{H2} = (A_{\text{Kolben}} - A_{\text{Stange}}) \cdot s = \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \cdot s. \quad (2 \text{ Pkte})$$

Damit ergibt sich der Förderstrom zu

$$\dot{V} = \frac{2D^2 - d^2}{4} \cdot \pi \cdot s \cdot n \quad (2 \text{ Pkte})$$

Einsetzen der Größen liefert

$$\dot{V} = \frac{2 \cdot 0,12^2 \text{ m}^2 - 0,02^2 \text{ m}^2}{4} \cdot \pi \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 145 \text{ min}^{-1} = 0,194 \text{ m}^3/\text{min}. \quad (1 \text{ Pkt})$$