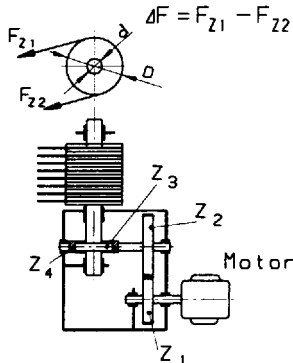




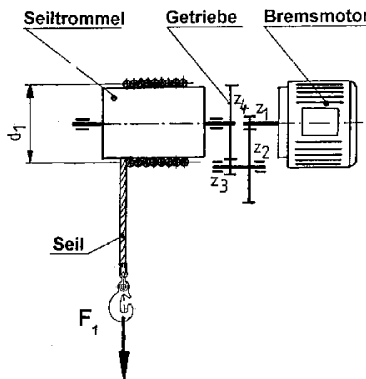
1 HP 1996/97-1 Schiffsaufzug
Bei der Bergfahrt muss von jeder Motor-Getriebeeinheit eine Kraftdifferenz von $\Delta F = 60 \text{ kN}$ aufgebracht werden. Der Durchmesser der Seilscheiben beträgt $D = 400 \text{ mm}$.

- a Mit welcher Geschwindigkeit v in m/min bewegt sich die Aufzugswanne auf den Schienen ?
b Welche Leistung muss ein Antriebsmotor (von zwei Motoren) aufnehmen?
Wirkungsgrade:
Lagerungen: $\eta_1 = 0,8$
Getriebe: $\eta_2 = 0,75$
Motor: $\eta_3 = 0,95$
 $n_{\text{Motor}} = 1400 \text{ 1/min}$; $z_1 = 18$;
 $z_2 = 56$; $z_3 = 2$ (Schnecke);
 $z_4 = 42$



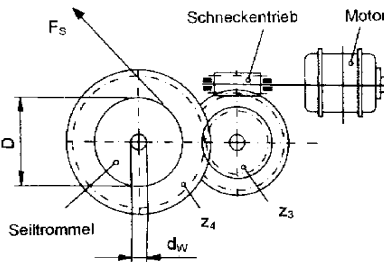
2 HP 1996/97-2 Wand-schwenkkran
Der Antrieb der Seiltrommel in der Hubeinrichtung erfolgt durch einen Bremsmotor über ein Getriebe.²

- a Bestimmen Sie die notwendige Motorleistung.
 $\eta_{\text{Getriebe}} = 0,9$
 $n_{\text{Motor}} = 1400 \text{ 1/min}$
 $d_1 = 200 \text{ mm}$
 $z_1 = z_3 = 12$
 $z_2 = z_4 = 144$
maximale Seilkraft
 $F_1 = 2500 \text{ N}$



3 HP 1997/98-1 Verladeanlage
Zwischen Elektromotor und Seil sitzt ein Schnecken- und ein einstufiger Stirnradtrieb.³

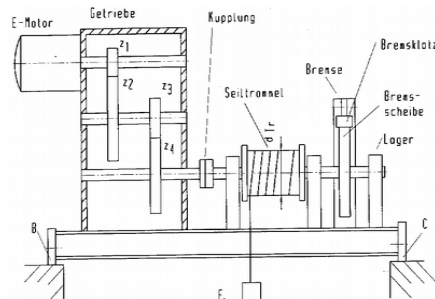
- a Berechnen Sie die erforderliche Leistung des Elektromotors.
Motor
 $n_M = 1400 \text{ 1/min}$
Schneckentrieb
 $i_1 = 30:1$; $\eta_1 = 0,8$
Stirnradtrieb
 $z_3 = 18$; $z_4 = 85$
 $\eta_2 = 0,95$
Seiltrommel
 $D = 300 \text{ mm}$
 $F_s = 100 \text{ kN}$



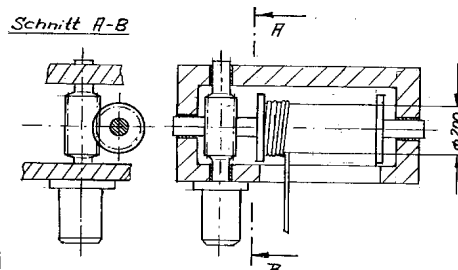
4 HP 98/99-2 Lastkraftwagen⁴
Die Pumpenwelle der Hydraulikanlage erfordert ein Antriebsmoment von $M_p = 100 \text{ Nm}$ bei einer Drehzahl von $n_p = 1000 \text{ min}^{-1}$. Die Pumpe wird vom Fahrzeugmotor über ein einstufiges Getriebe angetrieben, Berechnen Sie die abgegebene Motorleistung und die Motordrehzahl : $i = 2,5$; $\eta_G = 0,9$

5 HP 1997/98-2 Hubeinrichtung
Mit der Hubeinrichtung einer Krananlage sollen Lasten gehoben werden. Das Hubseil wird auf eine Seiltrommel gewickelt, die von einem Elektromotor über ein zweistufiges Getriebe angetrieben wird.⁵

- a Überprüfen Sie, ob die Last F_L gehoben werden kann.
Motor: $n_{\text{mot}} = 720 \text{ 1/min}$
 $P_{\text{mot}} = 10 \text{ kW}$
Getriebe:
 $z_1 = 16$;
 $z_3 = 20$;
 $z_2 = 64$;
 $z_4 = 80$;
 $\eta_{\text{getr}} = 0,8$
Seiltrommel:
 $d_{\text{Tr}} = 200 \text{ mm}$
 $F_L = 15 \text{ kN}$
 $\eta_{\text{tr}} = 0,95$



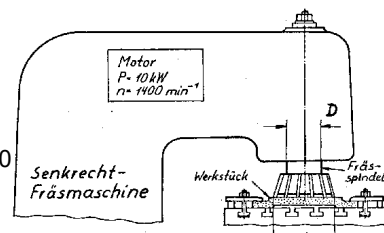
6 HP 1980/81-2 Verladekran
Die Seiltrommel der Laufkatze wird von einem Elektromotor mit $P_M = 7,5 \text{ kW}$ und der Drehzahl



- $n_M = 710 \text{ 1/min}$ über ein Schneckengetriebe (Schnecke 1-zählig, Schneckenrad = 35 Zähne, Wirkungsgrad $\eta_{\text{ges}} = 0,7$) angetrieben. Der Seildurchmesser soll dabei vernachlässigt werden.⁶

- a Mit welcher Geschwindigkeit wird die Last gehoben?
b Welche maximale Last könnte mit der angegebenen Motorleistung angehoben werden?

7 HP 1981/82-1 Spannen beim Fräsen
Der Motor einer Senkrechtfräsmaschine hat eine Antriebsleistung von $P = 10 \text{ kW}$ bei $n = 1400 \text{ 1/min}$. An der Frässpindel stehen folgende Drehzahlen zur Verfügung: $n = 1400 - 1000 - 710 - 500 - 355 - 250 - 180 - 125 - 90 - 63 - 45 - 31,5 - 22,5 \text{ 1/min}$.⁷



- a Welche der Drehzahlen ist einzustellen, wenn das Schruppen des Werkstücks mit einer Schnittgeschwindigkeit $v = 20 \text{ m/min}$ bei einem Fräserdurchmesser $d_f = 200 \text{ mm}$ erfolgen soll ?

- b Berechnen Sie für das maximale Drehmoment die Durchmesser D und d der Frässpindel, wenn diese als Hohlwelle mit dem Durchmesser Verhältnis $D : d = 2 : 1$ ausgeführt werden soll.
 $\tau_{\text{zul}} = 50 \text{ N/mm}^2$; Wirkungsgrad $\eta_{\text{ges}} = 0,75$

Quelle: Abi-Prüfungen des Landes Baden-Württemberg

1 a) $v = 26,9 \text{ m/min}$
2 a) $P_{\text{erf}} = 283 \text{ W}$
3 a) $P_{\text{Meff}} = 20,4 \text{ kW}$
4 $P_M = 11,6 \text{ kW}$
 $n_M = 2500 \text{ /min}$

5 Viele Lösungen, z.B. $M_M(\text{Angebot}) = 132 \text{ Nm} > M_M(\text{Bedarf}) = 123 \text{ Nm}$
6 a) $v = 0,212 \text{ m/s}$ b) $F_{\text{max}} = 24,7 \text{ kN}$
7 a) $n_{\text{Rechnung}} = 31,8 \text{ /min}$ b) $M_{\text{max}} = 3183 \text{ Nm}$ $D = 70,2 \text{ mm}$



8 HP 2001/02-2 Drehkran

Ein Elektromotor treibt über ein zweistufiges Getriebe die Seiltrommel an der Laufkatze an.⁸

Daten:

$$n_M = 1400 \text{ min}^{-1}$$

$$d_{TR} = 200 \text{ mm}$$

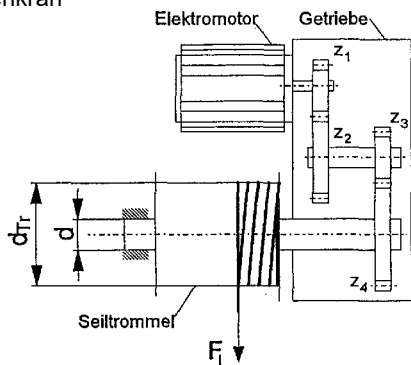
$$z_1 = 12$$

$$z_2 = 75$$

$$z_3 = 14$$

$$z_4 = 90$$

$$F_L = 17 \text{ kN}$$



- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit in m/min, mit der die Last angehoben wird.
- Welche Leistung gibt der Motor bei einem Getriebewirkungsgrad von 90 % ab ?
- Berechnen Sie den Durchmesser d der Seiltrommelwelle für $\tau_{zul} = 160 \text{ N/mm}^2$.

9 HP 2000/01-1 Bahnschranke

- Berechnen Sie die erforderliche Antriebsleistung des Motors.⁹

$$\text{Kolbenkraft: } F_K = 10 \text{ kN}$$

$$\text{Öffnungszeit: } t = 6 \text{ s}$$

$$\text{Kolbenhub: } s = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Gesamtwirkungsgrad: } \eta = 75 \%$$

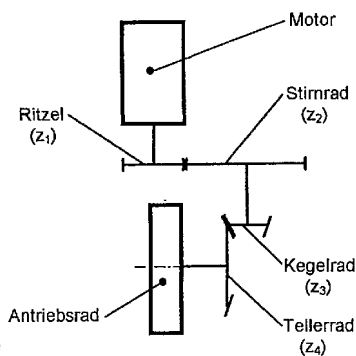
10 HP 2000/01-2 Deichsel-Gabelhubwagen

Das Antriebsrad wird über ein zweistufiges Stirn-Kegelradgetriebe angetrieben.¹⁰

$$z_1 = 17 z_2 = 51$$

$$z_3 = 18 z_4 = 48$$

- Berechnen Sie die Motordrehzahl, wenn sich der Wagen mit der Geschwindigkeit $v = 6 \text{ km/h}$ fortbewegt.
Antriebsrad:
 $d_A = 230 \text{ mm}$



- Dimensionieren Sie die Antriebswelle des Rades A als Vollwelle mit:

$$\tau_{zul} = 95 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{Mot} = 1,3 \text{ kW}$$

$$n_{Mot} = 1000 \text{ min}^{-1}$$

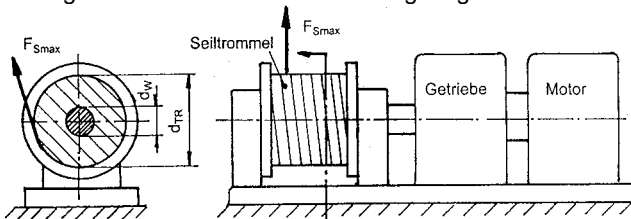
$$\eta_{ges} = 0,7$$

11 ??

- Der Motor gibt eine Leistung von $P_M = 15 \text{ kW}$ ab. Dabei fährt der Traktor mit $v = 10 \text{ km/h}$. Der Wirkungsgrad des Getriebes mit Gelenkwelle beträgt $\eta = 0,9$. Die Antriebswelle, die nach dem Getriebe das Antriebsmoment überträgt, besteht aus C45E. Berechnen Sie ihren Durchmesser bei 5-facher Sicherheit gegen unzulässige Verformung. Der Raddurchmesser beträgt $D = 800 \text{ mm}$.¹¹

12 HP 1999/00-1 Schrägaufzug

Der Motor treibt über ein Getriebe die Seiltrommel an, die das Zugseil aufwickelt. Dadurch wird der Transportwagen über eine Umlenkrolle hochgezogen.¹²



Antrieb des Transportwagens

$$\text{Motor: } n_M = 2400 \text{ /min}$$

$$M_M = 30 \text{ Nm}$$

$$\text{Getriebe: } \eta_G = 0,72$$

$$\text{Seiltrommel: } F_{Smax} = 4 \text{ kN}$$

$$d_{TR} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{Hub} = 60 \text{ m/min}$$

- Berechnen Sie die vom Motor abgegebene Leistung. Prüfen Sie nach, ob diese Leistung ausreicht, um den Transportwagen hochzuziehen. Die Reibung in der Seiltrommel und in der Umlenkrolle wird vernachlässigt.
- Berechnen Sie die erforderliche Getriebeübersetzung.

13 HP 1999/2000-2 Turmdrehkran

Der Antrieb der Seiltrommel erfolgt über einen Elektromotor und ein Getriebe.¹³ Daten:

$$\text{Motor } n_M = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{Getriebe } i = 50:1$$

$$\text{Wirkungsgrad } \eta_G = 0,8$$

$$\text{Seiltrommel } d_T = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Hublast } F_L = 10 \text{ kN}$$

- Ermitteln Sie die Hubgeschwindigkeit der Last.
- Welche Leistung muss der Elektromotor abgeben?

14 HP 1992/93-1 Mountainbike

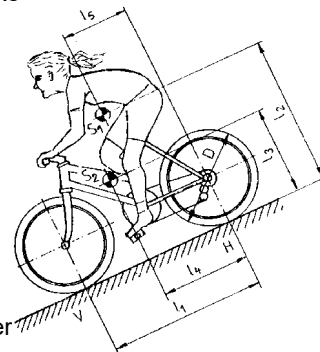
$$D = 680 \text{ mm}$$

$$F_{G1} = 560 \text{ N}$$

$$F_{G2} = 140 \text{ N}$$

$$\text{Gefälle} = 28 \%$$

Kettenblätter (vorne) mit 48 / 38 / 28 Zähnen
Ritzel (hinten) mit 15 / 18 / 21 / 24 / 28 / 32 Zähnen



- Die Radfahrerin fährt in der Ebene mit einer konstanten Trittfrequenz von $n = 90 \text{ 1/min}$. Welche maximale Geschwindigkeit kann sie erreichen?
- Beim Aufwärtsfahren leistet die Fahrerin kurzzeitig 220 W bei einer Trittfrequenz von $n = 30 \text{ 1/min}$. Berechnen Sie die Vortriebskraft F_{Vor} im niedrigsten Gang bei einem Gesamtwirkungsgrad $\eta = 0,81$.
- Welche maximale Steigung könnte die Radfahrerin mit einer Vortriebskraft von 200 N befahren?¹⁴

8 a) $v_{Seil} = 21,9 \text{ m/min}$

c) $d = 37,8 \text{ mm}$

9 a) $P_{Motor} = 556 \text{ W}$

10 a) $n_{Motor} = 1107 \text{ /min}$

11 a) $M_{Antrieb} = 1,944 \text{ kNm}$

b) $P_M = 6,9 \text{ kW}$

b) $M_A = 69,5 \text{ Nm}$; $d = 15,5 \text{ mm}$

derf = 52,1 mm

12 a) $P_{M(\text{Angebot})} = 7,54 \text{ kW} > 5,56 \text{ kW} = P_{M(\text{Bedarf})}$

13 a) $v_{Hub} = 0,79 \text{ m/s}$

14 a) $v_{max} = 36,9 \text{ km/h}$

c) $\alpha = 16,6^\circ \sim 29,8\%$

b) $P_{Merf} = 9,8 \text{ kW}$

b) $F_{Vor} = 190,7 \text{ N}$



Lösungen

1 HP 1996/97-1 Schiffsaufzug

a
$$i_{ges} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{56 \cdot 42}{18 \cdot 2} = 65,3$$

$$i_{ges} = \frac{n_M}{n_S} \Rightarrow n_S = \frac{n_M}{i_{ges}} = \frac{1400 \text{ U/min}}{65,3} = 21,4 \text{ min}^{-1}$$

$$v = n_S \cdot \pi \cdot D = 21,4 \frac{1}{\text{min}} \cdot \pi \cdot 400 \text{ mm} = 26,9 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

b
$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 0,57$$

$$P_S = \Delta F \cdot v = 60 \text{ kN} \cdot 26,9 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 26,9 \text{ kW}$$

$$\eta_{ges} = \frac{P_S}{P_E} \Rightarrow$$

$$P_E = \frac{P_S}{\eta_{ges}} = \frac{26,9 \text{ kW}}{0,57} = 47,2 \text{ kW je Antriebseinheit}$$

2 HP 1996/97-2 Wandschwenkkran

a
$$i_{ges} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{144 \cdot 144}{12 \cdot 12} = 144$$

$$\frac{n_M}{n_S} = i_{ges} \Rightarrow n_S = \frac{n_M}{i_{ges}} = \frac{1400}{144 \cdot \text{min}} = \frac{9,72}{\text{min}}$$

$$v_s = d_1 \cdot \pi \cdot n_S = 0,2 \text{ m} \cdot \pi \cdot \frac{9,72}{\text{min}} = 6,1 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,102 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_{ab} = F_1 \cdot v_s = 2500 \text{ N} \cdot 0,102 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 254,5 \text{ W}$$

$$\eta_g = \frac{P_{ab}}{P_M} \Rightarrow P_M = \frac{P_{ab}}{\eta_g} = \frac{254,5 \text{ W}}{0,9} = 283 \text{ W}$$

alternative Rechnung

$$M_{ab} = \frac{F_1 \cdot d_1}{2} = \frac{2500 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm}}{2} = 250 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_{ab}}{M_M} = i_{ges} \cdot \eta \Rightarrow M_M = \frac{M_{ab}}{i_{ges} \cdot \eta} = \frac{250 \text{ Nm}}{144 \cdot 0,9} = 1,93 \text{ Nm}$$

$$P_M = 2 \pi \cdot M_M \cdot n_M = 2 \pi \cdot 1,93 \text{ Nm} \cdot \frac{1400}{\text{min}} = 283 \text{ W}$$

3 HP 1997/98-1 Verladeanlage

a
$$M_{ab} = \frac{F_s \cdot D}{2} = \frac{100 \text{ kN} \cdot 300 \text{ mm}}{2} = 15 \text{ kNm}$$

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 = i_1 \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{30}{1} \cdot \frac{85}{18} = 141,67$$

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,8 \cdot 0,95 = 0,76$$

$$i_{ges} \cdot \eta_{ges} = \frac{M_{ab}}{M_M} \Rightarrow$$

$$M_M = \frac{M_{ab}}{i_{ges} \cdot \eta_{ges}} = \frac{15 \text{ kNm}}{141,67 \cdot 0,76} = 139,3 \text{ Nm}$$

$$P_M = 2 \pi \cdot M_M \cdot n_M$$

$$= 2 \pi \cdot 139,3 \text{ Nm} \cdot 1400 \frac{1}{\text{min}} = 20,4 \text{ kW}$$

4 HP 98/99-2 Lastkraftwagen

a
$$i = \frac{n_M}{n_P} \Rightarrow n_M = i \cdot n_P = 2,5 \cdot 1000 \text{ min}^{-1} = 2500 \text{ min}^{-1}$$

$$P_P = 2 \pi \cdot M_P \cdot n_P = 2 \pi \cdot 100 \text{ Nm} \cdot \frac{1000}{60 \text{ s}} = 10472 \text{ W}$$

$$\eta_G = \frac{P_P}{P_M} \Rightarrow P_M = \frac{P_P}{\eta_G} = \frac{10472 \text{ W}}{0,9} = 11,6 \text{ kW}$$

5 HP 1997/98-2 Hubeinrichtung

a
$$i_{ges} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{64}{16} \cdot \frac{80}{20} = 16$$

$$\eta_{ges} = \eta_{getr} \cdot \eta_{Tr} = 0,8 \cdot 0,95 = 0,76$$

Bedarf:

$$M_{Tr} = \frac{F_L \cdot d_{Tr}}{2} = \frac{15 \text{ kN} \cdot 200 \text{ mm}}{2} = 1,5 \text{ kNm}$$

$$i_{ges} \cdot \eta_{ges} = \frac{M_{Tr}}{M_{mot}} \Rightarrow$$

$$M_{mot} = \frac{M_{Tr}}{i_{ges} \cdot \eta_{ges}} = \frac{1,5 \text{ kNm}}{16 \cdot 0,76} = 123 \text{ Nm}$$

Angebot:

$$P_{mot} = 2 \pi \cdot M_{mot} \cdot n_{mot} \Rightarrow$$

$$M_{mot} = \frac{P_{mot}}{2 \pi \cdot n_{mot}} = \frac{10 \text{ kW}}{2 \pi \cdot 720 \frac{1}{60 \text{ s}}} = 132 \text{ Nm}$$

Die Last kann gehoben werden, da das Angebot den Bedarf überschreitet.

Es gibt zahlreiche weitere Lösungsmöglichkeiten. Alle Lösungsmöglichkeiten haben gemein, dass an irgendeiner Stelle der Kraftübertragung Angebot und Bedarf miteinander verglichen werden müssen.

6 HP 1980/81-2 Verladekran

a
$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{35}{1} = 35$$

$$\frac{n_M}{n_V} = i \Rightarrow n_V = \frac{n_M}{i}$$

$$= \frac{710}{35 \cdot \text{min}} = 20,3 \text{ min}^{-1} = 0,338 \text{ s}^{-1}$$

$$v = n_V \cdot \pi \cdot d = 0,338 \text{ s}^{-1} \cdot \pi \cdot 200 \text{ mm}$$

$$= 12,74 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,212 \frac{\text{m}}{\text{s}} = v$$

Hinweis: Das Maß d = 200 mm wurde in der Zeichnung nach einer heute nicht mehr gültigen Norm bemaßt.

b
$$P_M = 2 \pi \cdot M_M \cdot n_M \Rightarrow$$

$$M_M = \frac{P_M}{2 \pi \cdot n_M} = \frac{7,5 \text{ kW}}{2 \pi \cdot 710 \text{ min}^{-1}} = 100,9 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_V}{M_M} = i \cdot \eta_{ges} \Rightarrow$$

$$M_V = i \cdot \eta_{ges} \cdot M_M = 35 \cdot 0,7 \cdot 100,9 \text{ Nm} = 2471 \text{ Nm}$$

$$M_V = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow$$

$$F = \frac{2 \cdot M_V}{d} = \frac{2 \cdot 2471 \text{ Nm}}{200 \text{ mm}} = 24,7 \text{ kN} = F_{max}$$



7 HP 1981/82-1 Spannen beim Fräsen

$$a \quad n_F = \frac{v}{\pi \cdot d_F} = \frac{20 \text{ m/min}}{\pi \cdot 200 \text{ mm}} = 31,8 \text{ min}^{-1} \Rightarrow$$

$$\text{gewählt: } 31,5 \text{ min}^{-1} = n_F$$

b Das maximale Drehmoment tritt bei der kleinsten möglichen Drehzahl $n_{F\text{min}}$ des Fräasers auf.

$$i_{\text{max}} = \frac{n_{\text{Motor}}}{n_{\text{Fräser (min)}}} = \frac{1400 \text{ min}^{-1}}{22,5 \text{ min}^{-1}} = 62,22$$

$$P = 2\pi \cdot M_{\text{Motor}} \cdot n_{\text{Motor}} \Rightarrow$$

$$M_{\text{Motor}} = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{10 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1400 \text{ min}^{-1}} = 68,2 \text{ Nm}$$

$$\eta_{\text{ges}} \cdot i_{\text{max}} = \frac{M_{\text{Fräser}}}{M_{\text{Motor}}} \Rightarrow$$

$$M_{\text{Fräser}} = \eta_{\text{ges}} \cdot i_{\text{max}} \cdot M_{\text{Motor}} = 0,75 \cdot 62,2 \cdot 68,2 \text{ Nm} = 3183 \text{ Nm}$$

alternativer Weg

$$P_{\text{Fräser}} = P_{\text{Motor}} \cdot \eta = 10 \text{ kW} \cdot 0,75 = 7,5 \text{ kW}$$

$$M_{\text{Fräser}} = \frac{P_{\text{Fräser}}}{2\pi \cdot n_{\text{Fräser (min)}}} = \frac{7,5 \text{ kW}}{2\pi \cdot 22,5 \text{ min}^{-1}} = 68,2 \text{ Nm} = 3183 \text{ Nm}$$

Festigkeitsberechnung

$$\tau_{\text{zul}} > \tau_t = \frac{M_{F\text{max}}}{W_p} \Rightarrow W_p = \frac{M_{F\text{max}}}{\tau_{\text{zul}}}$$

$$50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \tau_t = \frac{3183 \text{ Nm}}{W_p} \Rightarrow$$

$$W_p = \frac{3183 \text{ Nm}}{50 \text{ N/mm}^2} = 63,66 \text{ cm}^3 = W_p$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D} = \frac{\pi \cdot (2^4 \cdot d^4 - d^4)}{16 \cdot 2 \cdot d} = \frac{\pi \cdot (2^4 - 1)}{32} \cdot d^3 \Rightarrow$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 32}{\pi \cdot 15}} = \sqrt[3]{\frac{63,66 \text{ cm}^3 \cdot 32}{\pi \cdot 15}} = 35,1 \text{ mm} = d$$

$$D = 2 \cdot d = 2 \cdot 35,1 \text{ mm} = 70,2 \text{ mm} = D$$

8 HP 2001/02-2 Drehkran

$$a \quad n_{\text{Trommel}} = \frac{n_{\text{Motor}}}{i_{\text{ges}}} = \frac{1400}{\text{min} \cdot 40,18} = 34,84 \frac{1}{\text{min}}$$

$$i_{\text{ges}} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{75 \cdot 90}{12 \cdot 14} = 40,18$$

$$v_{\text{Seil}} = \pi \cdot n_{\text{Trommel}} \cdot d_{\text{Trommel}}$$

$$= \pi \cdot 34,84 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0,2 \text{ m} = 21,9 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$b \quad P_{ab} = F_L \cdot v_{\text{Seil}} = 17 \text{ kN} \cdot 21,9 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 17 \text{ kN} \cdot 21,9 \frac{\text{m}}{60 \text{ s}} = 6,2 \text{ kW}$$

$$P_{\text{zu}} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{6,2 \text{ kW}}{0,9} = 6,9 \text{ kW}$$

$$c \quad \tau_{\text{zul}} > \frac{M_t}{W_p} \rightarrow W_p = \frac{M_t}{\tau_{\text{zul}}} = 1700 \frac{\text{Nm}}{160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 10,6 \text{ cm}^3$$

$$M_t = F_L \cdot \frac{d_{\text{Trommel}}}{2} = 17 \text{ kN} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{2} = 1700 \text{ Nm}$$

$$W_p(\text{Vollwelle}) = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \rightarrow$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10,6 \text{ cm}^3}{\pi}} = 37,8 \text{ mm}$$

9 HP 2000/01-1 Bahnschranke

$$a \quad P_K = F \cdot v = F_K \cdot \frac{s}{t} = 10 \text{ kN} \cdot \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ s}} = 416 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_{\text{Motor}} = \frac{P_K}{\eta} = \frac{416 \text{ W}}{0,75} = 556 \text{ W}$$

10 HP 2000/01-2 Deichsel-Gabelhubwagen

$$a \quad n_A = \frac{v}{\pi \cdot d_A}$$

$$n_A = \frac{6 \text{ km/h}}{\pi \cdot 230 \text{ mm}} = \frac{6 \cdot 1000 \text{ m}}{\pi \cdot 0,23 \text{ m} \cdot 60 \text{ min}} = 138,4 \text{ min}^{-1}$$

$$i_{\text{ges}} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{51 \cdot 48}{17 \cdot 18} = 8$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_{\text{mot}} = n_A \cdot i_{\text{ges}} = 138,4 \text{ min}^{-1} \cdot 8 = 1107 \text{ min}^{-1}$$

$$b \quad P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow$$

$$M_{\text{Mot}} = \frac{P_{\text{Mot}}}{2\pi \cdot n_{\text{Mot}}} = \frac{1,3 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1000 \text{ min}^{-1}} = 12,4 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_A = M_{\text{Mot}} \cdot i_{\text{ges}} \cdot \eta_{\text{ges}}$$

$$M_A = 12,4 \text{ Nm} \cdot 8 \cdot 0,7 = 69,5 \text{ Nm}$$

$$\tau_{\text{zul}} > \tau_t = \frac{M_A}{W_p}$$

$$W_p = \frac{M_A}{\tau_{\text{zul}}} = \frac{69,5 \text{ Nm}}{95 \text{ N/mm}^2} = 0,732 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0,732 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 15,5 \text{ mm}$$

11 ??

$$a \quad V = \pi \cdot n \cdot d \rightarrow$$

$$n_{\text{Rad}} = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{10 \text{ km/h}}{\pi \cdot 800 \text{ mm}} = 1,105 \text{ s}^{-1}$$

$$P_{\text{Rad}} = P_{\text{Motor}} \cdot \eta = 15 \text{ kW} \cdot 0,9 = 13,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Rad}} = 2\pi \cdot n_{\text{Rad}} \cdot M_{\text{Rad}} \rightarrow$$

$$M_{\text{Rad}} = \frac{P_{\text{Rad}}}{2\pi \cdot n} = \frac{13,5 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1,105 \text{ s}^{-1}} = 1,944 \text{ kNm}$$

$$b \quad \frac{\tau_{tF}}{v} = \tau_{\text{zul}} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \rightarrow$$

$$W_p = \frac{M_t \cdot v}{\tau_{tF}} = \frac{1944 \text{ Nm} \cdot 5}{350 \text{ MPa}} = 27,8 \text{ cm}^3$$

$$W_p(\text{Vollwelle}) = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \rightarrow$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 27,8 \text{ cm}^3}{\pi}} = 52,1 \text{ mm}$$



12 HP 1999/00-1 Schrägaufzug

$$a \quad P_{Mmax} = 2\pi \cdot M_M \cdot n_M = 2\pi \cdot 30 \text{ Nm} \cdot \frac{2400}{60 \text{ s}} = 7,54 \text{ kW}$$

$$P_{Serf} = F_S \cdot v_{Hub} = 4 \text{ kN} \cdot \frac{60 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 4 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_S}{P_M} \Rightarrow$$

$$P_{Merf} = \frac{P_{Serf}}{\eta} = \frac{4 \text{ kW}}{0,72} = 5,56 \text{ kW} < P_M \Rightarrow \text{es reicht!}$$

$$b \quad n_{ab} = \frac{v_{Hub}}{\pi \cdot d} = \frac{60 \text{ m/min}}{\pi \cdot 0,25 \text{ m}} = 76,4 \text{ min}^{-1} = 1,27 \text{ s}^{-1}$$

$$i = \frac{n_M}{n_{ab}} = \frac{2400 \text{ min}^{-1}}{76,4 \text{ min}^{-1}} = 31,4$$

13 HP 1999/2000-2 Turmdrehkran

$$a \quad i = \frac{n_M}{n_T} \rightarrow n_T = \frac{n_M}{i} = \frac{1500}{\text{min} \cdot 50} = 30 \text{ min}^{-1}$$

$$V_H = \pi \cdot d_T \cdot n_T = \pi \cdot 500 \text{ mm} \cdot 30 \text{ min}^{-1} \\ = 47,1 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,79 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$b \quad \eta_G = \frac{P_H}{P_M} \rightarrow$$

$$P_M = \frac{P_H}{\eta_G} = \frac{F_L \cdot v_H}{\eta_G} = \frac{10 \text{ kN} \cdot 0,79 \text{ m/s}}{0,8} = 9,8 \text{ kW}$$

14 HP 1992/93-1 Mountainbike

$$a \quad i_{min} = \frac{z_{2min}}{z_{1max}} = \frac{15}{48} = 0,3125$$

$$i_{min} = \frac{n_{zu}}{n_{abmax}} \Rightarrow$$

$$n_{abmax} = \frac{n_{zu}}{i_{min}} = \frac{90 \text{ min}^{-1}}{0,3125} = 288 \text{ min}^{-1}$$

$$v_{max} = \pi \cdot n_{abmax} \cdot D = \pi \cdot 288 \text{ min}^{-1} \cdot 680 \text{ mm} \\ = 10,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 615 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 36,9 \frac{\text{km}}{\text{h}} = v_{max}$$

$$b \quad i_{max} = \frac{z_{2max}}{z_{1min}} = \frac{32}{28} = 1,14$$

$$P_{zu} = 2\pi \cdot M_{zu} \cdot n_{zu} \Rightarrow$$

$$M_{zu} = \frac{P_{zu}}{2\pi \cdot n_{zu}} = \frac{220 \text{ W}}{2\pi \cdot 30 \frac{1}{60 \text{ s}}} = 70 \text{ Nm}$$

$$i_{max} \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow$$

$$M_{ab} = M_{zu} \cdot i_{max} \cdot \eta = 70 \text{ Nm} \cdot \frac{32}{28} \cdot 0,81 = 64,8 \text{ Nm}$$

$$M_{ab} = F_{vor} \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow$$

$$F_{vor} = \frac{2 \cdot M_{ab}}{D} = \frac{2 \cdot 64,8 \text{ Nm}}{680 \text{ mm}} = 190,7 \text{ N} = F_{vor}$$

$$c \quad F_{vor} \geq F_{Hangabtrieb} = (F_{G1} + F_{G2}) \cdot \sin \alpha$$

$$200 \text{ N} \geq (560 \text{ N} + 140 \text{ N}) \cdot \sin \alpha$$

Steigungswinkel:

$$\sin \alpha \geq \frac{2}{7} \Rightarrow \alpha < \arcsin \frac{2}{7} = 16,6^\circ$$

Bei Straßen gibt man für die Steigung

den Tangens des Steigungswinkels in % an:

$$\text{Steigung} = \tan 16,6^\circ = 29,8 \%$$