



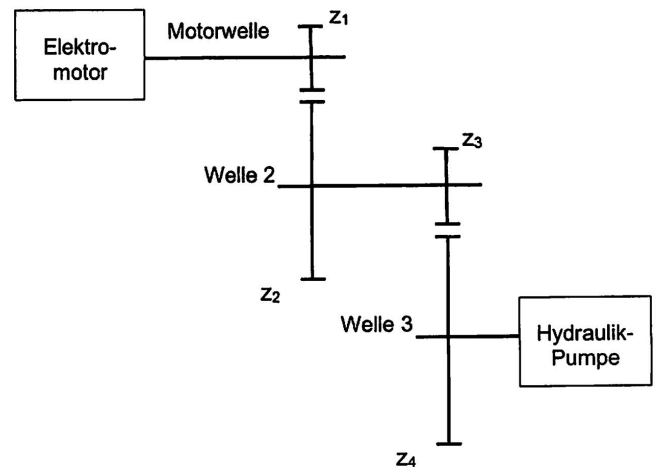
tgtm HP 2018/19-3: Hydraulische Anlage

(Pflichtaufgabe)

Das Heben und Senken der Schuttmulde erfolgt hydraulisch über die zwei Hydraulikzylinder. Diese erhalten ihren Arbeitsdruck von einer Hydraulikpumpe, die wiederum über einen Elektromotor und ein dazwischen geschaltetes Getriebe angetrieben wird.

Daten:

Leistung des Elektromotors	$P_M = 30 \text{ kW}$
Drehzahl des Elektromotors	$n_M = 6000 \text{ min}^{-1}$
Drehzahl der Hydraulikpumpe	$n_P = 400 \text{ min}^{-1}$
Zähnezahlen	$z_1 = 20$
	$z_2 = 80$
	$z_3 = 24$
Wirkungsgrad pro Getriebestufe	$\eta = 85\%$

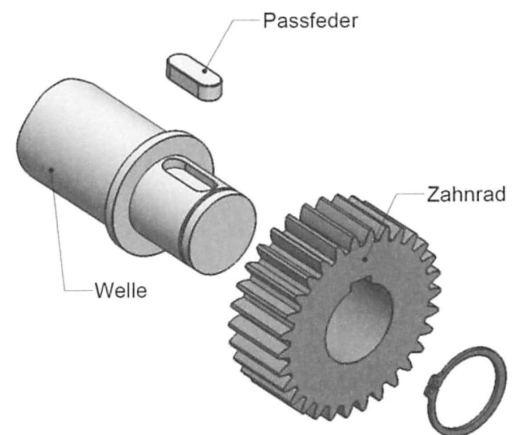


- 1 Berechnen Sie das Gesamtübersetzungsverhältnis des Getriebes. 1,0
- 2 Bestimmen Sie die erforderliche Zähnezahl z_4 . 2,0
- 3 Bestimmen Sie das in Welle 2 wirkende Drehmoment. 3,0

- 4 Zur Drehmomentübertragung von Welle 2 auf das Zahnrad 3 ist eine Passfeder vorgesehen. Die folgende Darstellung zeigt den prinzipiellen Aufbau.

Daten:

Zu übertragendes Drehmoment:	$M_2 = 165 \text{ Nm}$
Werkstoff Welle 2:	17Cr3
Zulässige Flächenpressung der Passfederverbindung:	$p_{zul} = 108 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Passfeder:	DIN 6885 Form A
Sicherheitsfaktor Torsion:	$\nu = 2,3$

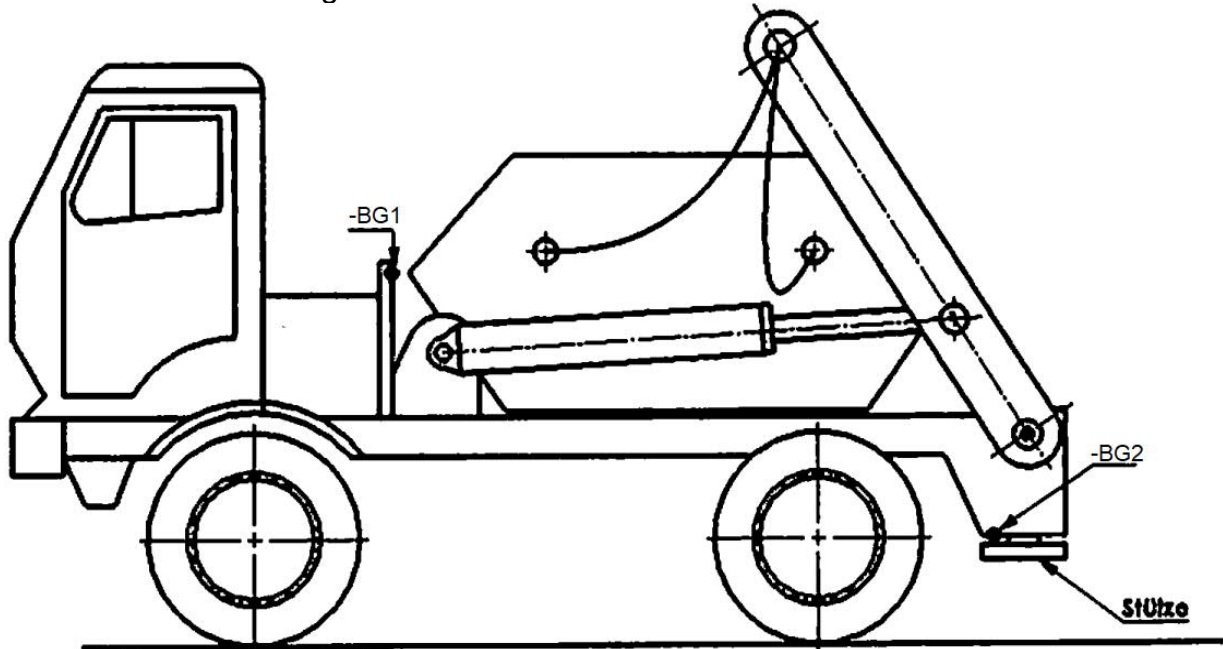


- 4.1 Bestimmen Sie den erforderlichen Wellendurchmesser der Welle 2. 4,0
- 4.2 Die Passfeder soll nur auf Flächenpressung ausgelegt werden. 4,0

Berechnen Sie die erforderliche Passfederlänge bei einem Wellendurchmesser $d_{w2} = 22 \text{ mm}$ und geben Sie die gewählte Passfeder normgerecht an.



- 5 Zum Starten des LKW-Motors muss sichergestellt sein, dass der Hydraulikantrieb außer Betrieb ist und die Stützen eingefahren sind. Außerdem muss die auf dem LKW abgesetzte Mulde zusätzlich über eine pneumatisch betätigte Verriegelung gesichert sein. Sind alle diese Bedingungen erfüllt, so kann der LKW-Motor über den Startschalter -SF1 gestartet werden.



- 5.1 Erklären Sie den Unterschied zwischen einem Öffner und einem Schließer in der Steuerungstechnik. 1,0
- 5.2 Erläutern Sie, warum Not-AUS-Schalter grundsätzlich als Öffner ausgeführt werden. 1,0

Zuordnungsliste:

Bauteil	Funktion	Bemerkung
-SF1	LKW-Motor starten	Taster; betätigt -> 1-Signal
-BG1	Mulde auf LKW verriegelt	Sensor betätigt -> 1-Signal
-BG2	Stützensensor	Stützen eingefahren -> 1-Signal
-BG3	Hydraulikantrieb an	Antrieb an -> 1-Signal
-KF1	Starterrelais LKW-Motor	1-Signal -> Motor wird gestartet

- 5.3 Erstellen Sie das entsprechende SPS-Programm für das Starterrelais K1 des LKW-Motors. 4,0

tgtm HP 2018/19-3: Hydraulische Anlage



Die Hochlader GmbH plant eine Erneuerung ihrer Produktionsanlagen, um im Wettbewerb mit der Konkurrenz besser bestehen zu können. Hierfür ist der Kauf einer neuen CNC-Fräsmaschine nötig.

Dazu stehen zwei Maschinen als Investitionsobjekt zur Auswahl.

Kosten (€/Jahr)	CNC- Fräsmaschine 1	CNC- Fräsmaschine 2
Anschaffungskosten	150.000 €	200.000 €
Nutzungsdauer	10 Jahre	10 Jahre
Auslastung	2.000 Stück/Jahr	3.000 Stück/Jahr
Zinssatz	10%	10%
Summe der fixen Kosten, ohne kalkulatorische Abschreibungen und Zinsen	120.000€	150.000€
Löhne	Bei 1.000 Stück/Jahr 40.000 €	
Materialkosten	Bei 1.000 Stück/Jahr 100.000€	

- 6 Die Geschäftsleitung der Hochlader GmbH legt großen Wert darauf, dass die neu anzuschaffende Maschine nicht nur Kostenvorteile bietet. 2,0
Nennen Sie vier Bewertungskriterien außerhalb der Kosten, mit denen eine begründete Kaufentscheidung für eine der beiden Maschinen getroffen werden kann.
- 7 Herr Maier, einer der Geschäftsführer der Hochlader GmbH, trifft folgende Aussage: 4,0
„Ich habe die Kosten der beiden Maschinen kurz überschlagen und denke, die Maschine 1 ist deutlich günstiger“.
Überprüfen Sie die Aussage von Herrn Maier anhand einer geeigneten Investitions-Vergleichsrechnung, jeweils bei voller Auslastung beider Maschinen.
- 8 Zusätzlich möchte Herr Maier mit Hilfe der Kapitalwertmethode die Vorteilhaftigkeit dieser Investition beurteilen. 2,0
Erklären Sie die Begriffe Kapitalwert und Barwert grundsätzlich.
- 9 Herr Maier hat für beide Maschinen mit Hilfe der Kapitalwertmethode die „Barwerte der Einnahmeüberschüsse“ errechnet. 2,0
Fräsmaschine 1: 165.000 €
Fräsmaschine 2: 233.000 €
Beurteilen Sie begründet, für welche Maschine sich die Hochlader GmbH nach der Kapitalwertmethode entscheiden sollte.

30,0



Lösungen

Getriebe (6 P): Gesamtübersetzung aus Drehzahlen; Zähnezahl; Moment aus Leistung und mit Übersetzung
 Festigkeit (8 P): Wellendurchmesser gegen Torsion mit Passfedernut; Passfeder nach Flächenpressung
 SPS (6P): Unterschied Öffner ↔ Schließer; FBS mit einer UND-Verknüpfung

$$1 \quad i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{n_M}{n_P} = \frac{6000 \text{ min}^{-1}}{400 \text{ min}^{-1}} = 15$$

$$2 \quad i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{20} = 4$$

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{i_{ges}}{i_1} = \frac{15}{4} = 3,75$$

$$i_2 = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow z_4 = i_2 \cdot z_3 = 3,75 \cdot 24 = 90$$

$$3 \quad P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n} = \frac{30 \text{ kW}}{2\pi \cdot 6000 \text{ min}^{-1}} = 47,75 \text{ Nm}$$

$$\eta \cdot i = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_2 = M_M \cdot \eta_1 \cdot i_1 = 47,75 \text{ Nm} \cdot 0,85 \cdot 4 = 162,3 \text{ Nm}$$

oder

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = P_M \cdot \eta = 30 \text{ kW} \cdot 0,85 = 25,5 \text{ kW}$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = n_M \cdot \frac{z_1}{z_2} = \frac{6000}{\text{min}} \cdot \frac{20}{80} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_2 = \frac{P_2}{2\pi \cdot n} = \frac{25,5 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1500 \text{ min}^{-1}} = 162,3 \text{ Nm}$$

4 Welle 2

4.1 $R_e = 450 \text{ N/mm}^2$ (17Cr3 → [EuroTabM] „Einsatzstähle“)

$$\tau_{tF} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 450 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 315 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$\tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \frac{315 \text{ N/mm}^2}{2,3} = 136,96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{165 \text{ Nm}}{136,96 \text{ N/mm}^2} = 1,2 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{1,2 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 18,3 \text{ mm}$$

Dazu muss noch die Tiefe t_1 der Passfedernut aufgeschlagen werden.

Gewählt: $d = 22 \text{ mm}$ mit $t_1 = 3,5 \text{ mm}$ (→ [EuroTabM] „Passfeder“)

$18,3 \text{ mm} + 3,5 \text{ mm} = 21,8 < 22 \text{ mm} \rightarrow d_{erf}$ wird erreicht



- 4.2 Eine Passfeder für eine Welle $\varnothing 22$ hat die Höhe $h = 6$ mm, die Breite $b = 6$ mm und die Nabennuttiefe $t_1 = 3,5$ mm (\rightarrow [EuroTabM] „Passfeder“)

$$M = F \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow F = \frac{2 \cdot M_2}{d_{w2}} = \frac{2 \cdot 165 \text{ Nm}}{22 \text{ mm}} = 15 \text{ kN}$$

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{15 \text{ kN}}{108 \text{ N/mm}^2} = 138,9 \text{ mm}^2$$

$$A = l \cdot (h - t_1) \Rightarrow l_{erf} = \frac{A}{(h - t_1)} = \frac{138,9 \text{ mm}^2}{6 \text{ mm} - 3,5 \text{ mm}} = 55,6 \text{ mm}$$

Bis [EuroTabM] 47. Auflage: Gewählt: Passfeder DIN 6885 – A – 6 x 6 x 56

Danach: Bei rundstirnigen Passfedern trägt die Rundung nicht zur Flächenpressung bei, also gilt $l \geq l_{erf} + b = 55,6 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 61,6 \text{ mm}$

(\rightarrow [EuroTabM] 48. Auflage, „Passfedern, Flächenpressung“)¹

Gewählt: Passfeder DIN 6885 – A – 6 x 6 x 63

5 SPS

- 5.1 Ein Öffner lässt in der Ausgangsstellung ein Signal durch und unterbricht es bei Betätigung.

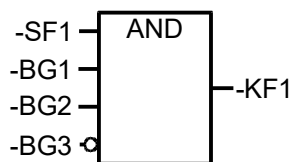
Ein Schließer lässt das Signal erst durch, wenn er betätigt ist.

- 5.2 Drahtbruchsicherheit

Wenn man ein Not-Aus (oder andere sicherheitsrelevante Signale) als Schließer ausführt und es kommt zu einem Fehler in der Signalkette (gebrochene Kabel, korrodierte Kontakte ...), bemerkt man den Fehler erst, wenn der Not-Aus ausgelöst wird (und dann nicht funktioniert).

Wenn der Not-Aus als Öffner ausgelegt ist und es kommt zu einem Fehler in der Signalkette, löst das zwar den Not-Aus (unnötig) aus, aber das ist besser, als wenn der Not-Aus im Bedarfsfall nicht funktioniert.

- 5.3 SPS



- 6 und folgende: Hier keine Lösung.

¹ Diese Regel aus DIN 6892 *Passfedern-Berechnung und Gestaltung* von 1998 (nach [Steinhilper 2007 I], S.519) wurde in Tabellenbuch Europa in der 48. Auflage aufgenommen, die vermutlich erst im Abitur 2020/2021 eingesetzt wird. Bis dahin hätte man im Abitur mit der projizierten Fläche gerechnet, also $l \geq l_{erf}$