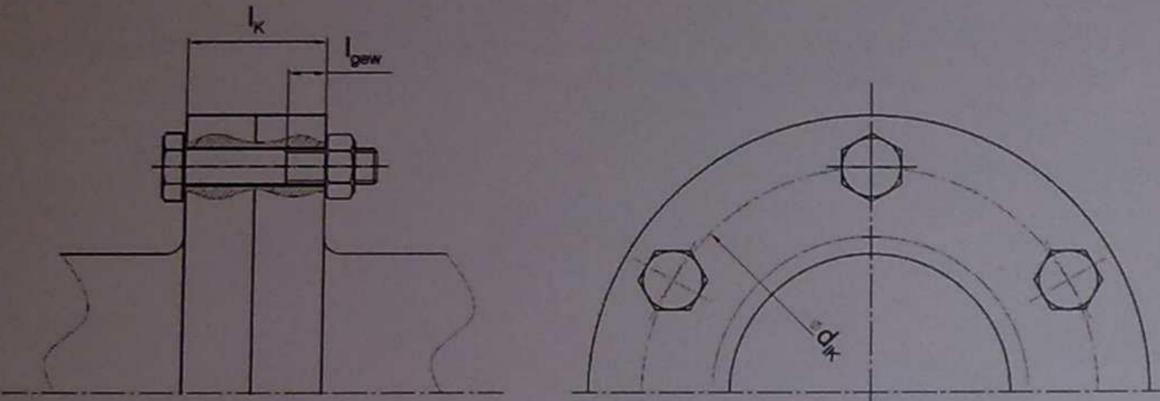


Aufgabe 2

Gegeben ist der starre Flansch der Kardanwelle eines Nutzfahrzeuges, bestehend aus zwei rotationssymmetrischen Flanschkhälften. Dieser wird gemäß der untenstehenden Abbildung durch sechs Außensechskantschrauben M10 x 65 - 12.9 nach DIN EN ISO 4014 und Muttern M10 nach DIN EN ISO 4032 lösbar verbunden. Die Flanschverbindung überträgt im Betrieb das Torsionsmoment M_T .

Zur Berücksichtigung von im Betrieb auftretenden Axialkräften wird eine auf die gesamte Flanschverbindung axial wirkende Zugkraft $F_B = 6000$ N für die Berechnung berücksichtigt.



Aufgabenstellung:

- Berechnen Sie die erforderliche Klemmkraft F_{kerf} einer einzelnen Schraube, die bei Nennleistung P_{nenn} und Nenndrehzahl n_{nenn} , so wie Stoßfaktor für Drehmomentstöße ϕ zur Kraftübertragung aufgebracht werden muss.
- Berechnen Sie die minimal erreichbare Montagevorspannkraft F_{Mmin} einer einzelnen Schraube bei den gegebenen Montagespezifikationen.
- Berechnen Sie die Nachgiebigkeit δ_S , das Kräfteverhältnis Φ , die Plattenzusatzkraft F_{PA} und die Schraubenzusatzkraft F_{SA} einer einzelnen Schraubenverbindung.
- Berechnen Sie die Vorspannkraftverluste infolge Setzens F_z .
- Berechnen Sie die minimale Klemmkraft F_{kmin} für den hier betrachteten „Worst Case“ Schraubfall (Montage und Betriebslast) und bewerten Sie, ob eine Relativbewegung der beiden Flanschkhälften auftritt.
- Wie hoch ist die vorliegende prozentuale Ausnutzung des Schraubenwerkstoffes bei gegebener Festigkeitsklasse ohne Berücksichtigung der Vorspannkraftverluste infolge Setzens F_z ? Ist die Verwendung einer niedrigeren Festigkeitsklasse (10.9 oder 8.8) möglich?

Gegebene Daten:

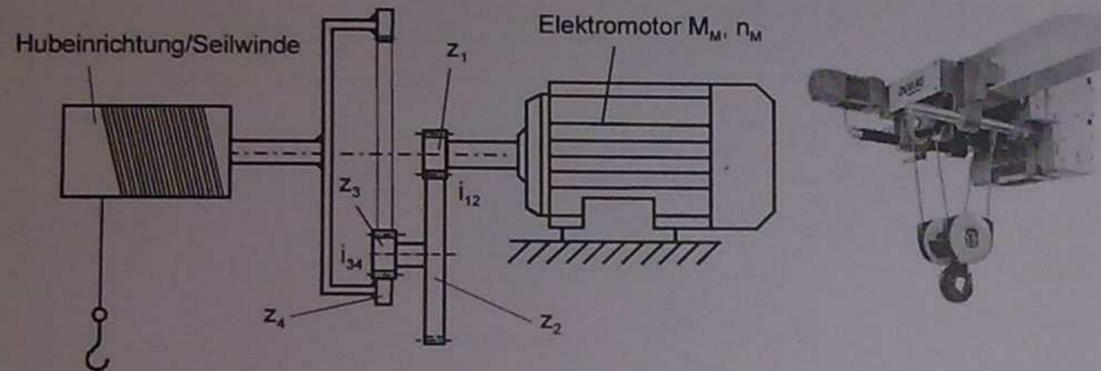
Nennleistung	$P_{nenn} = 200$ kW
Nenndrehzahl	$n_{nenn} = 2500$ min ⁻¹
Stoßfaktor für Drehmomentstöße im Antriebsstrang	$\phi = 1,5$
Betriebskraft	$F_B = 6000$ N
Lochkreisdurchmesser des Flansches	$d_k = 135$ mm
Bohrungsdurchmesser	$d_h = 11$ mm
Reibungskoeffizient in den Trennfugen	$\mu_T = 0,12$
Gewindereibungskoeffizient	$\mu_G = 0,14$
Kopfreibungskoeffizient	$\mu_K = 0,14$
Minimales Anziehdrehmoment	$M_{Amin} = 60$ Nm
Anziehungsfaktor	$\alpha_A = 1,6$
Klemmlänge	$l_k = 40$ mm
Verspannte Gewindelänge	$l_{Gew} = 11$ mm
Auflagedurchmesser	$d_w = 14,6$ mm
Flankendurchmesser	$d_2 = 9,026$ mm
Kerndurchmesser	$d_3 = 8,16$ mm
Gewindesteigung	$P = 1,5$ mm
Nachgiebigkeit der verspannten Flanschverbindung	$\delta_P = 4,166 \cdot 10^{-7}$ mm/N
Elastizitätsmodul von Schrauben und Mutter	$E_S = E_M = 210000$ N/mm ²
Setzbetrag pro Trennfuge	$f_{zi} = 4$ μ m

Hinweise:

- Der Flansch verformt sich unter Last nicht. Daher resultiert eine zentrisch axiale Belastung für die Schraubenverbindungen.
- Der Stoßfaktor ϕ wirkt sich nur auf das Torsionsmoment M_T aus; die axiale Betriebskraft F_B wird nicht beeinflusst.

Aufgabe 3

Die Laufkatze eines Hallenkranes ist unter anderem mit einer Hubeinrichtung in Form einer Seilwinde und einem Elektromotor ausgestattet. Die Drehmomentübertragung vom Elektromotor zur Hubeinrichtung erfolgt über ein zweistufiges, coaxiales, gradverzahntes Getriebe ohne Profilverziehung (weder in der ersten noch in der zweiten Stufe). Die erste Getriebestufe besteht aus einem Außenradpaar mit Evolventenverzahnung. Bei der zweiten Stufe handelt es sich um ein evolventenverzahntes Innenradpaar.



Gegebene Daten:

Antriebsdrehmoment des Motors	$M_M = 30 \text{ Nm}$
Antriebsdrehzahl des Motors	$n_M = 3000 \text{ min}^{-1}$
Normalmodul Ritzel 1	$m_1 = 3 \text{ mm}$
Normalmodul Rad 2	$m_2 = 3 \text{ mm}$
Normalmodul Ritzel 3	$m_3 = 4 \text{ mm}$
Normalmodul Rad 4	$m_4 = 4 \text{ mm}$
Betriebseingriffswinkel für 1. und 2. Stufe	$\alpha_0 = 20^\circ$
Zähnezahl des Ritzels 1	$z_1 = 16$
Übersetzungsverhältnis 1. Stufe	$i_{12} = 2,75$
Gesamtübersetzungsverhältnis	$i_{\text{ges}} = 11$
Wirkungsgrad je Stufe	$\eta = 0,97$
Äußere wärmeabgebende Oberfläche des Getriebes	$A_0 = 0,7 \text{ m}^2$
Wärmeübergangskoeffizient	$\alpha = 13 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
Tragende Zahnradbreite des Ritzels 3	$b_3 = 15 \text{ mm}$
Stoßfaktor	$\varphi = 1,2$
Profilüberdeckungsgrad	$\epsilon_\alpha = 1,6$

Aufgabenstellung:

- Wie groß sind die Zähnezahlen z_2 des Rades 2, z_3 des Ritzels 3 und z_4 des Rades 4?
- Ermitteln Sie den Grundwert der Zahnfußspannung σ_{F0} für das Ritzel 3. Gehen Sie hierfür im Folgenden von einer Zähnezahl für das Ritzel 3 von $z_3 = 18$ aus.
- Mit welcher Sicherheit hält das Ritzel 3 der Beanspruchung stand, wenn die Zahnfußbeanspruchbarkeit $\sigma_{FP} = 310 \text{ N/mm}^2$ beträgt?
- Um wie viel Grad erhöht sich im Dauerbetrieb die Öltemperatur des Getriebes gegenüber der Umgebung?
- Erläutern Sie verbal, weshalb der Einbau einer Fliehkraftkupplung bei Schwerlastanlauf, wie z.B. für das Heben großer Lasten sinnvoll sein kann.

Diagramm 1: Schrägenfaktor Y_β

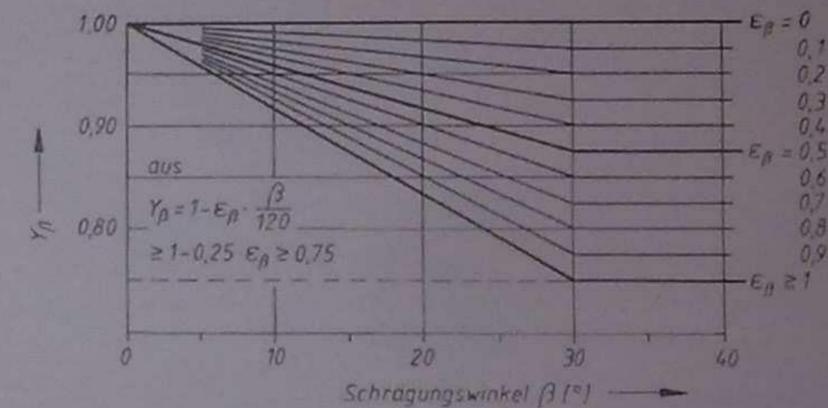


Diagramm 2: Kopffaktor Y_{FS}

