

AUFGABENSAMMLUNG für das PAHL-ME-VORDIPLOM VON DER FACHSCHAFT MASCHINENBAU ,Juni 88'

Die Aufgabensammlung enthält:

- A** eine Klausur, die von Prof. Pahl mit klausurtypischen Aufgaben zusammengestellt wurde, allerdings ohne Konstruktionsaufgabe, aber inklusive Musterlösung
- B** die Vordiplomsklausur vom Herbst 84' mit Musterlösung für die Kurzfragen und den Berechnungsteil
- C** als Aktualisierung der vorherigen Auflage auch die Klausur vom Herbst 87' mit Musterlösung für Kurzfragen und Berechnungsteil
- D** fünf Konstruktionsaufgaben ohne zeichnerische Ausführung von Prof. Pahl und Prof. Kollmann

Tips zur Klausurvorbereitung

1. Prüfungsorganisation
2. Prüfungsvorbereitung
 - 2.1. Kurzfragen und Berechnungsteil
 - 2.2. Konstruktion

Achtung: Alle Anregungen zur Lernorganisation und Prüfungsvorbereitung sind niemals allgemeingültige Aussagen. Der Lerntyp und damit auch die Lernvorbereitung ist individuell unterschiedlich. Den eigenen Lernstil muß jede/r selbst finden. Vielleicht können einige der folgenden Hinweise in das eigene Lernsystem eingebaut werden.

1. Prüfungsorganisation.

Zeitlichen und inhaltlichen Rahmen abstecken:

1. Zur Orientierung einen inhaltlichen Überblick verschaffen, und die Vorbereitungszeit so strukturieren, daß ich sage zum Beispiel: ich will 30 Std. die Woche arbeiten, d.h. ich nehme mir vom 7.9.-9.9. arbeite ich das Kapitel Schraubenrechnung im Script durch.....

2. Bei der Ausführung der Prüfungsvorbereitung unterscheide ich verschiedene Lernphasen, die ich auch vorher im Zeitplan schon festgelegt habe:

Lernphasen für die Berechnung:

Umdruck durcharbeiten, z.B. einzelne Übungen gedanklich in Ablaufschemata verarbeiten, sich den Getriebetyp ansehen, den man selbst in der Übung nicht hatte..., Zusammenhänge im Script durch Bilder veranschaulichen/visualisieren. Erst mal ich mir ein Bild, dann ist alles nur noch halb so wild.

Lernphase Konstruktion alleine:

mit einzelnen Funktionsgruppen wie Kupplung, Lagerung einer Welle auseinander setzen

Lernphase Konstruktion in der Gruppe... siehe 2.2

Kontrollphasen im Vorhinein einplanen in denen selbst gesteckte Etappenziele überprüft werden, z.B. durch Selbsttests oder Fremdkontrolle ...Erfolgslebnisse schaffen, den Lernfortschritt sichtbar machen, Fragenkarten beim Durcharbeiten des Textes erstellen und im Verlaufe der Prüfungsvorbereitung beantworten

-zeitliche Puffer vorsehen für den Fall, daß bestimmte Bereiche vertieft werden müssen, Pausen miteinplanen

-die Musterklausuren nur zur Kontrolle am Ende der Vorbereitung benutzen
-die Berechnungsaufgaben nach Zeit durchrechnen (z.B. grobmaßstäbliche Skizze nach, einer Stunde)

-eine Konstruktion nach Zeit, um zu sehen, ob die Routine ausreicht

-Zeitungsfang 'Berechnung' sollte ungefähr dem des Teils 'Konstruktion' entsprechen

-unverbindliche Empfehlung des Prüfungszeitaufwandes: weniger als 3 Wochen (<150 h) ist nicht ausreichend.

Bekanntes(Wissen) von Unbekanntem trennen(z.B. durch Fragenkarten), um ein Überlernen von dem was man eh schon weiß zu verhindern, und sich effektiv nur das reinzieht, was noch nicht klar ist.

2.Prüfungsvorbereitung

2.1.Kurzfragen und Berechnung

- Zusammenhänge lernen und keine Formeln
- Kontrollfragen zum Verständnis einbauen , z.B. Wie ist die Beziehung entstanden? Welche Voraussetzungen und Einschränkungen sind zu beachten? Welche Größen haben den stärksten Einfluß?
- Überschlagsrechnungen ,z.B. max. Biegespannung am Balken abschätzen,trainieren
- Diagramme selbst ohne Vorlage wiedergeben können, selbst aktiv auf eigene Problemstellung umstellen , Zusammenhänge zwischen Diagramm und Formel entwickeln

2.2Konstruktion

a)Konstruktionsbeispiele im Umdruck und in den Übungen studieren

b)1.Gebt Euch eine Aufgabenstellung vor(siehe Anregungen) und entwickelt zuerst eine oder mehrere Prinzipskizzen(=Strichskizze mit abkürzenden Symbolen) und diese wird bepunktet,wenn verlangt .

2 .prüft danach die Funktionserfüllung und den prinzipiellen Aufbau. Ist die Aufgabe grundsätzlich gelöst? Sind die aufgabenspezifischen Randbedingungen beachtet worden?

3. den grobmaßstäblichen Entwurf entwickeln.

4.Kontrolle: Sind alle Funktionen wie Kraft und Drehmoment leiten, Abdichten.... erfüllt? Ist der Kraft- oder Drehmomentenfluß geschlossen? Ist die Welle herstellbar? Ist das Lager montierbar? Ist die Darstellung eindeutig? Erfüllen die einzelnen Gestaltungszonen/Funktionsgruppen ihre jeweiligen Teilfunktionen?

c) Versucht ein Konstruktionssteam zu bilden: die Gruppe gibt sich eine Aufgabe vor in der z.B. eine Kombination von Rutschkupplung und Gleitlager vorkommen soll. Zuerst werden Gruppenmitglieder bestimmt, die sich nur mit Kupplungen, bzw. nur mit dem Gleitlager und nur mit Lagerung..... befassen und dazu verschiedene Lösungsvarianten skizzieren. Dann trifft sich die Gruppe wieder und versucht anhand der Prinzipskizze und dem Speziellen Fachwissen eine Gesamtlösung zu finden. Dabei findet ein Info-austausch statt, bei dem Wissen vermittelt, diskutiert, geprüft und untereinander vervollständigt wird.

-Ziel beim Zeichnen : Übung,Routine und Schnelligkeit bekommen, um z.B. eine Lagereinheit mit Wellenmutter und Deckel zu zeichnen

Vorschläge zu Konstruktionsaufgaben:

- Kegelgetriebe mit Überlastkupplung
- Schneckengetriebe mit Fettschmierung der Lager und Ölschmierung des Schnecken eingriffs
- Zweistufengetriebe mit zusätzlicher hoher Axiallast am Ausgang
- Flachriementrieb mit nur einer Übertragungsrichtung
- Kombiniertes Radial-Axial-Gleitlager mit Durchflußschmierung /Sumpfschmierung
- Zahnradgetriebe mit Flanschmotor
- Kombination eines hydrostatischen Axialgleitlagers mit Radialkraftübernahme durch Wälzlager
- stufenlos einstellbares Reibradgetriebe
- Kegelradgetriebe mit integrierter Sicherheitskupplung
- Bremse mit Kupplung (Lamellen-/Klauen-) kombiniert
- Bremse, um eine Welle gegenüber dem Gehäuse stillsetzen zu können
- Keilriemenscheibe mit eingebauter Überlastkupplung

Viel Glück
Eure Fachschaft

Prüfung im Fach Maschinenelemente

Ab dem Sommersemester 1984 gilt folgende Regelung:

1 Umfang und Aufteilung der Prüfung

Die schriftliche Prüfung besteht aus 3 Schwerpunkten:

- o **Verständnis** 8.00- 9⁰⁰ Uhr max. 40 Punkte

I Es wird die Bearbeitung von Verständnisfragen und das Reproduzieren einfacher Ableitungen verlangt. Sofern Zahlenrechnungen erforderlich sind, müssen diese durch Kopfrechnen gelöst werden. Sämtliche Unterlagen und die Benutzung von Taschenrechnern sind nicht zugelassen.

- o **Berechnung** 9.15-10.45 Uhr max. 60 Punkte

II Es sollen Aufgaben gestellt werden, bei denen der Student ausgehend von einer technischen Zeichnung sich selbständig das Berechnungsmodell entwickeln muß. Beliebige Unterlagen und Rechnerbenutzung sind zugelassen. Notwendig sind die Vorlesungsmitschrift, die Werkstoff-Hilfsblätter und ein Rechner.

- o **Konstruktion** 11.15-13.15 Uhr max. 100 Punkte

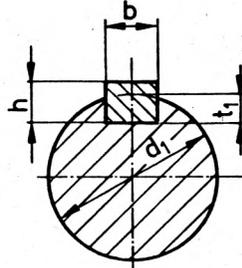
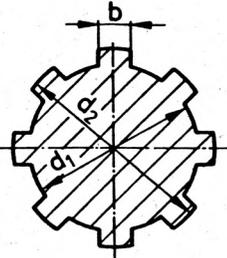
III Es wird eine größere Konstruktionsaufgabe gestellt, bei der die Wirkstruktur nicht vorgegeben wird. In der Aufgabenstellung werden lediglich die Funktion und die konstruktiven Randbedingungen der zu konstruierenden Maschine vorgegeben. Das Entwickeln einer geeigneten Wirkstruktur stellt einen wesentlichen Teil der zu lösenden Prüfungsaufgabe dar.

2 Bewertungsschema

Für das Bestehen der Prüfung sind aus allen 3 Schwerpunkten insgesamt 80 Punkte erforderlich. Im Gegensatz zur bisherigen Praxis wird in Zukunft nicht mehr verlangt, daß jeder Teil für sich bestanden werden muß.

Ab 160 Punkten wird die Note 1.0 gegeben.

Aufgabe 1:



Keilwellenprofil B 8x32x38
DIN 5463

Paßfeder A 10x8x60
DIN 6885

flankenzentriert

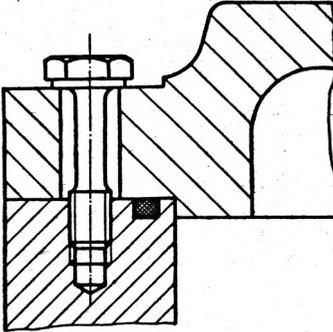
rundstirnig; $d_1 = 32$, $t_1 = 6$

- a) Wie verhalten sich die übertragbaren Drehmomente der gleichlangen ($l = 60$) Wellen-Naben-Verbindungen mit Keilwellenprofil und Paßfeder bei gleicher nomineller Flächenpressung (s. Skizze)?

Leiten Sie das Verhältnis zunächst in der allgemeinen Form ab und machen Sie dann eine zahlenmäßige Abschätzung mit den gegebenen Werten (Kopfrechnung)!

- b) Warum kann man bei der Keilwellen-Verbindung nicht die volle Keilzahl in die Rechnung einsetzen?

Aufgabe 2:

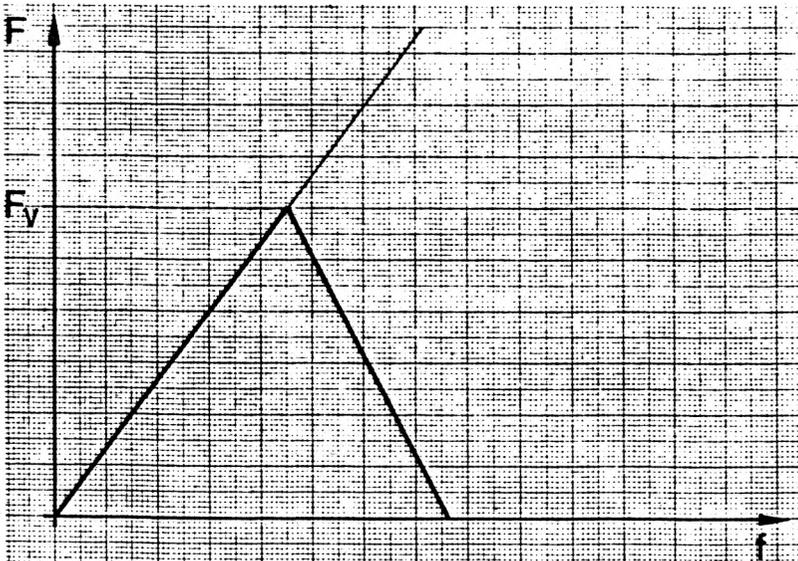


Die nebenstehende Skizze zeigt eine vorgespannte und unter instationärer Betriebslast stehende Schraubenverbindung.

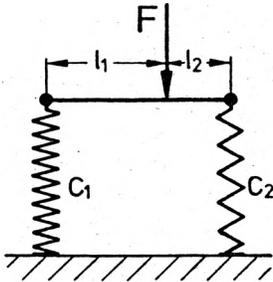
- a) Zeichnen Sie die Orte des Kraftangriffs der Betriebskraft ein! Unterscheiden Sie dabei zwischen theoretischem und praktischem Kraftangriffsort!

Tragen Sie in das vorbereitete Verspannungsdiagramm die folgenden Verhältnisse ein:

- b) $F_B = 5/6 \cdot F_V$
c) doppelte Schraubennachgiebigkeit bei gleicher Vorspannung
d) die Auswirkung des Übergangs vom theoretischen zum praktischen Kraftangriffsort

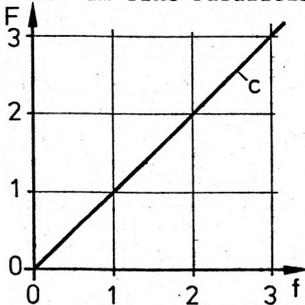


Aufgabe 3:



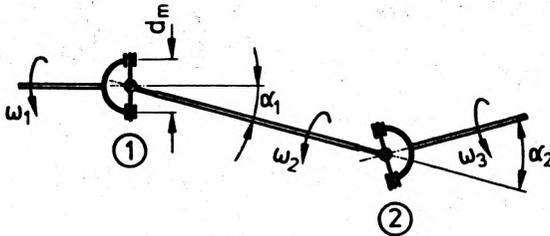
- a) Wie groß ist für das skizzierte Federsystem das Verhältnis der Verschiebungen an den Balkenenden?
 Der Querbalken soll als starr angesehen werden.
- b) Wie groß ist die Absenkung des Lastangriffspunktes?

- c) Wie groß ist die Gesamt-Federsteifigkeit des Systems?
- d) Tragen Sie die Federsteifigkeit des Systems für den Sonderfall: $l_1 = l_2 = l$; $c_1 = c_2 = c$ in das vorbereitete Diagramm ein! Handelt es sich dabei um eine Hintereinander- oder um eine Parallelschaltung?

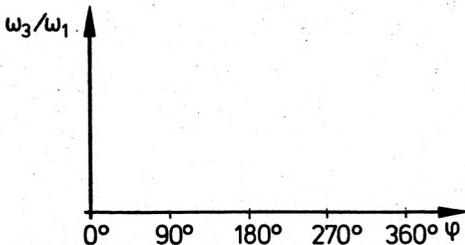


Aufgabe 4:

- a) Berechnen Sie für die Phasenlagen $\omega t = \varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 90^\circ$ das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeiten ω_3/ω_1 für die skizzierte Gelenkwellenanordnung!



- b) Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf ω_3/ω_1 über dem Drehwinkel φ in dem untenstehenden Diagramm (Annahme: $\alpha_2 > \alpha_1$)!
- c) Skizzieren Sie 2 mögliche Anordnungen, bei denen für alle Drehwinkel φ $\omega_1 = \omega_3 = \text{const.}$ ist.

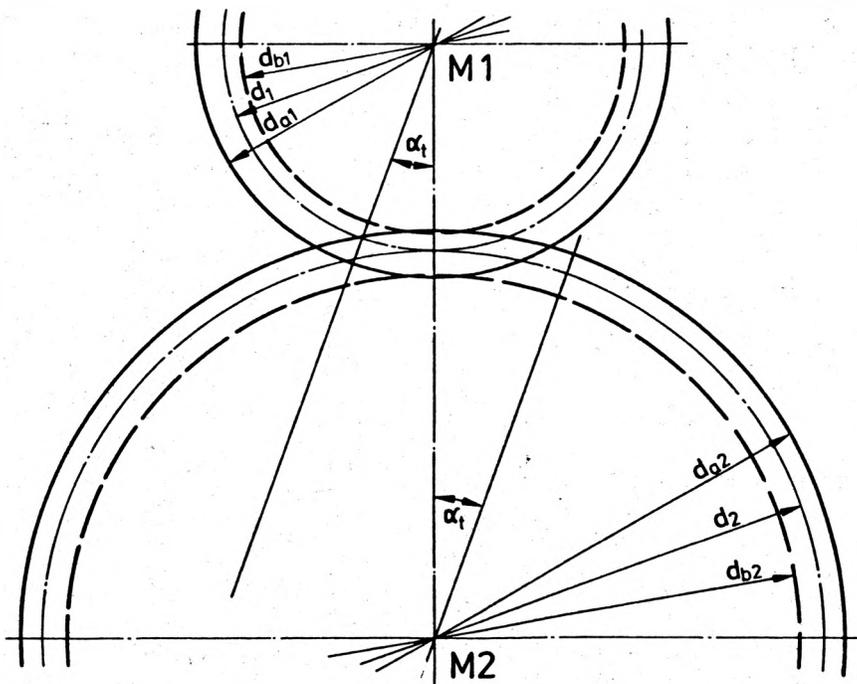


Aufgabe 5:

- a) Was versteht man bei einem Riementrieb unter Dehnschlupf?
- b) Wie lässt er sich mit Hilfe der Nutzspannung angeben?
- c) Wie groß ist der aus dem Dehnschlupf resultierende Leistungsverlust?

Aufgabe 6:

- a) Zeichnen Sie in die vorbereitete Skizze einer Nullverzahnung nach DIN 867 im Stirnschnitt die Eingriffslinie $\overline{T_1T_2}$ und die Eingriffsstrecke \overline{AE} ein!



- b) Wie ist die Profilüberdeckung ϵ_α definiert?
- c) Wie groß ist die Eingriffsteilung Pet ?
- d) Wie groß ist die Eingriffsstrecke \overline{AE} ?

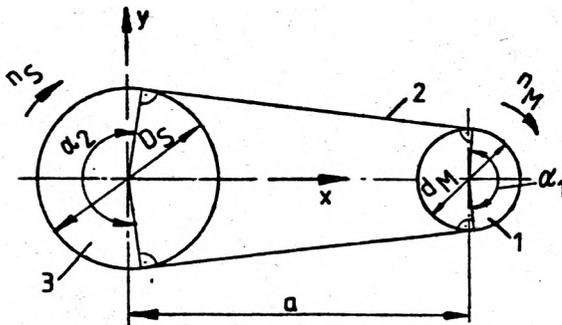
Antrieb einer Karosseriepresse

70 Punkte

Funktionsbeschreibung:

Die Prinzipskizze Bild 1 zeigt den Antrieb für eine Karosseriepresse.

Auf der Antriebswelle eines Motors sitzt die Riemenscheibe 1 mit dem Durchmesser d_M . Der Motor gibt bei einer Drehzahl von n_M eine Leistung von P_M ab.



Über den Flachriemen 2 treibt der Motor das Schwungrad 3 der Karosseriepresse an. Das Schwungrad hat den Durchmesser d_S und läuft mit der Drehzahl n_S um. Der Achsabstand zwischen Motor und Schwungrad ist a .

Bild 1: Riementrieb

Das Bild 2 (siehe Seite 5) zeigt das Schwungrad 3 im Schnitt. Es ist mit zwei Zylinderrollenlagern 4 auf dem Hohlzapfen 5 abgestützt, der starr mit dem Pressenständer 12 verbunden ist. Zur axialen Führung des Schwunrades ist an den äußeren Seiten der beiden Zylinderrollenlager je ein Winkelring 6 angeordnet.

Die Antriebswelle 7 der Presse wird über eine schaltbare Reibkupplung 8 mit dem Schwungrad verbunden. Die Druckplatte 9 ist durch ein Keilwellenprofil mit dem Schwungrad verbunden, so daß diese in axialer Richtung verschoben werden kann. Der Ringkolben 10 wird auf der linken Seite mit dem Öldruck p beaufschlagt, wodurch die Kupplung zum Eingriff kommt. Bei Wegnahme des Öldruckes wird durch die Wirkung der vier Schrauben-Rückstellfedern 11 der Reibschluß wieder getrennt.

Teilaufgabe I:

45 Punkte

gegebene Daten :

Antriebsdrehzahl des Motors	$n_M = 1110 \text{ min}^{-1}$
Leistung des Motors	$P_M = 33 \text{ kW}$
Durchmesser Riemenscheibe 1	$d_M = 356 \text{ mm}$
Durchmesser Schwungrad 3	$D_S = 1068 \text{ mm}$
Achsabstand	$a = 1866 \text{ mm}$

Aufgabe 1: Riemenantrieb

17 Punkte

1.1 Berechnen Sie die Drehzahl n_S des Schwungrades 3 bei schlupffreiem Lauf!

1.2 Wie groß ist das Drehmoment T_S am Schwungrad bei verlustloser Leistungsübertragung?

1.3 Wie groß ist die Sicherheit S_r gegen Durchrutschen, wenn der Flachriemen die Nutzkraft F_n überträgt und im Leertrum aus der Vorspannung die Kraft $S_2 = F_n/2$ wirkt? Der Reibungskoeffizient zwischen Riemen und Riemenscheibe beträgt $\mu = 0,8$.

Falls Sie die Umschlingungswinkel nicht berechnen können, rechnen Sie mit $\alpha_1 = 160^\circ$ und $\alpha_2 = 200^\circ$.

1.4 Welche Achskraft F_A am Schwungrad 3 resultiert aus den Riemenkräften?

Aufgabe 2: Lagerberechnung

13 Punkte

2.1 Bestimmen Sie die Radialkräfte, die auf die beiden Zylinderrollenlager 4 wirken. Das Gewicht des Schwungrades beträgt $G = 15 \text{ kN}$ und greift im Schwerpunkt S an. Er hat von der rechten Kante des Schwungrades (siehe Bild 2) den Abstand $l_S = 260 \text{ mm}$.

Sollten Sie Punkt 1.4 nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $F_A = 3000 \text{ N}$.

2.2 Wie groß muß die dynamische Tragzahl C mindestens sein, damit die Zylinderrollenlager eine Lebensdauer von $L_h = 50\,000$ Betriebsstunden erreichen?

Falls 1.1 nicht gelöst wurde, setzen Sie $n_g = 400\text{ min}^{-1}$.

Aufgabe 3: Festigkeitsrechnung

15 Punkte

Wenn 1.2 nicht gelöst wurde, setzen Sie $T_S = 900\text{ Nm}$.

3.1 Die Welle 7 ist am gefährdeten Wellenabsatz nachzurechnen. Der Drehmomentenverlauf sei schwellend, die Zugspannung und das Eigengewicht sind zu vernachlässigen. Wie groß ist die Ausnutzung bei einer Sollsicherheit von $v_D = 1,7$?

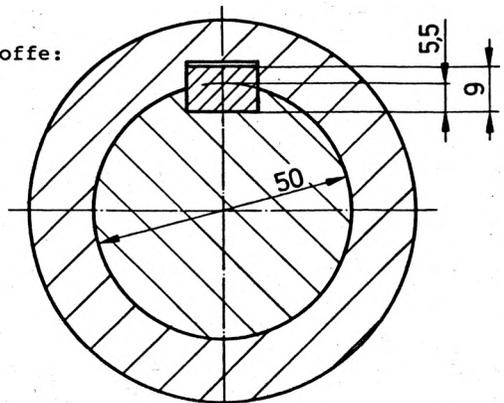
Gegebene Daten:

Werkstoff der Welle	St 52-3 (allgemeiner Baustahl)
Halbzeugdiameter	80 mm
Oberflächenbearbeitung	geschliffen, $R_t \approx 8\ \mu\text{m}$
Durchmesserverhältnis	$D/d = 60\text{ mm}/50\text{ mm}$
Kerbradius	$r = \varnothing = 1\text{ mm}$

3.2 Für die Paßfeder, die die Kupplungsscheibe 8 mit der Welle 7 drehfest verbindet, ist die erforderliche tragende Länge l_{tr} zu berechnen, wenn eine Sollsicherheit gegen die Streckgrenze von $v_F = 2$ gefordert ist.

Streckgrenzen der Werkstoffe:

Nabe	250 N/mm ²
Welle	325 N/mm ²
Paßfeder	300 N/mm ²



Teilaufgabe II:

25 Punkte

Aufgabe 4: Federberechnung

15 Punkte

Beim Zusammendrücken der vier Schrauben-Rückstellfedern 11 wird eine Federarbeit von 1800 Nmm pro Feder verrichtet.

Berechnen Sie den Drahtdurchmesser d sowie die Anzahl der federnden Windungen i_f . Der Drahtdurchmesser soll auf 1/10 mm und i_f auf halbe Windungen aufgerundet werden. Berücksichtigen Sie, daß die vier Federn vorgespannt sind.

Gegebene Daten:

Vorspannkraft einer Feder	F_v	=	100 N
Festigkeit des Federwerkstoffes	τ_{zul}	=	500 N/mm ²
Federdurchmesser	D_m	=	25 mm
Schubmodul	G	=	83000 N/mm ²
Hub bei der Betätigung	f	=	12 mm

Aufgabe 5: Kupplung

10 Punkte

5.1 Wie groß muß der Öldruck p gewählt werden, damit die Kupplung die Leistung mit einer Rutschsicherheit von $V_R = 6$ überträgt? Der Reibungskoeffizient der Reibpaarungen beträgt $\mu = 0,15$.

Falls Sie die Aufgabe 4 nicht gelöst haben, rechnen Sie mit einer Federkraft $F_{max} = 200$ N pro Feder.

Falls 1.2 nicht gelöst wurde, setzen sie $T_S = 900$ Nm.

5.2 Überprüfen Sie, ob an den Reibbelägen die zulässige Flächenpressung von $p_{zul} = 50$ N/cm² überschritten wird.

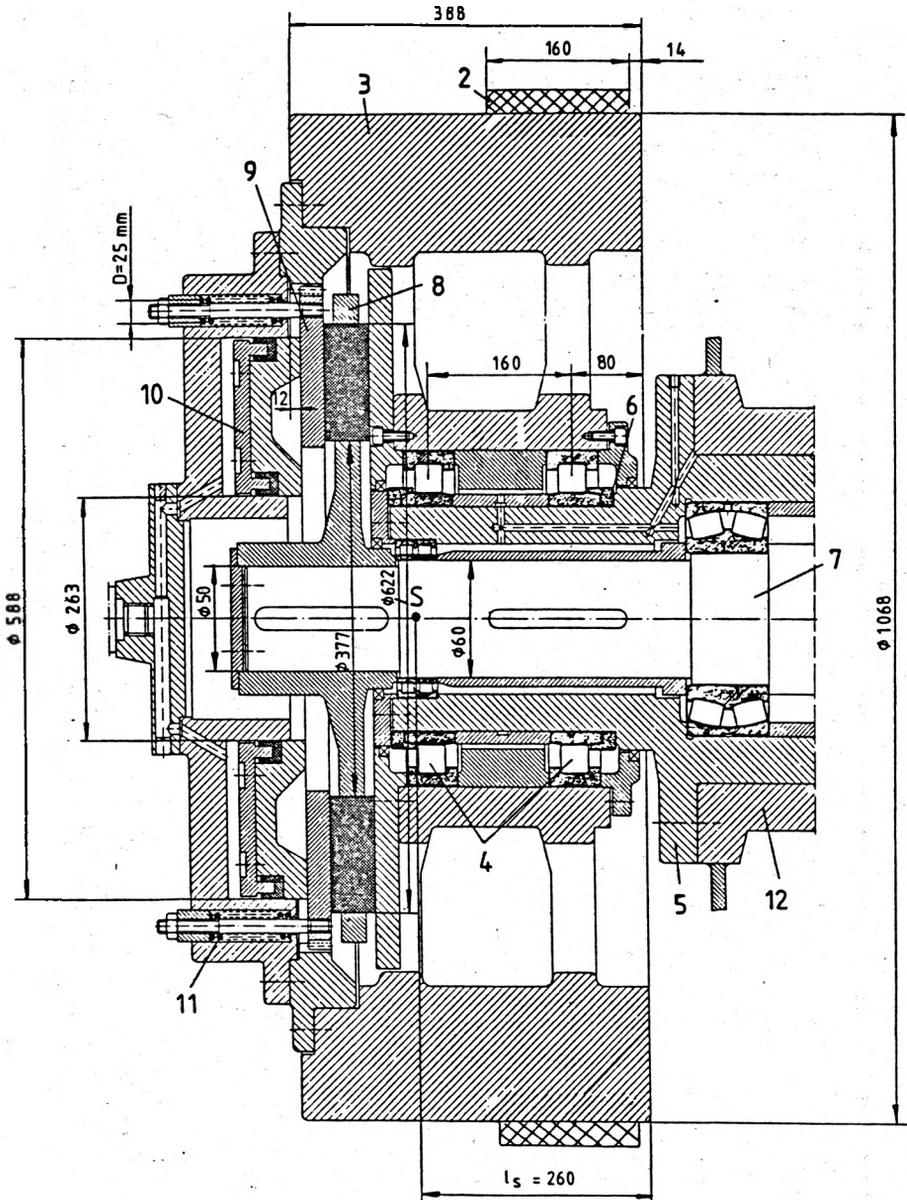


Bild 2: Schwungrad

A

Mörlösung

Lösung zu Aufgabe 1:

5 Punkte

Punkte

a) $T = F_t \cdot d_m/2 \cdot p \cdot z$ $F_{Zul} = P_{Zul} \cdot A$

① $\uparrow T_{Zul} = P_{Zul} \cdot A \cdot \frac{d_m}{2} \cdot p \cdot z$

Keilwelle: $A = \frac{1}{2} (d_2 - d_1) \cdot l$ Paßfeders: $A = (h - t_1) \cdot (l - b)$

$d_m = \frac{1}{2} (d_2 + d_1)$

$d_m = d_1$

$p = 0,75$

$p = 1$

① $\frac{T_{Zul}^{KW}}{T_{Zul}^{PF}} = \frac{P_{Zul} \cdot \frac{1}{2} (d_2 - d_1) \cdot l \cdot \frac{1}{4} (d_2 + d_1) \cdot 0,75 \cdot z}{P_{Zul} (h - t_1) (l - b) \cdot d_1}$

$= \frac{\cancel{P_{Zul}} \cdot \frac{1}{8} (38 - 32) \cdot 60 \cdot (38 + 32) \cdot 0,75 \cdot \cancel{z}}{(8 - 6) \cdot (60 - 10) \cdot 32}$

$= \frac{6 \cdot 60 \cdot 70 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot 50 \cdot 32} = \frac{6 \cdot 45 \cdot 70}{3200} = 6 \cdot \frac{3150}{3200}$

① $\frac{T_{Zul}^{KW}}{T_{Zul}^{PF}} \approx 6 !$

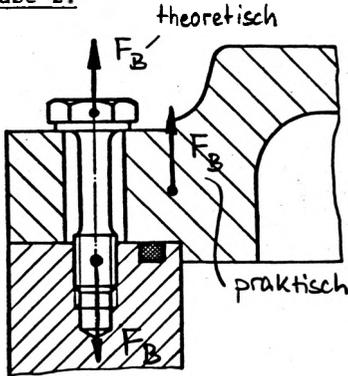
b) Toleranzen bei der Fertigung (Teilungsfehler!) verhindern gleichmäßiges Tragen. DIN 5461 setzt pauschal $p = 0,75$.

Σ 5

A

Punkte

Aufgabe 2:

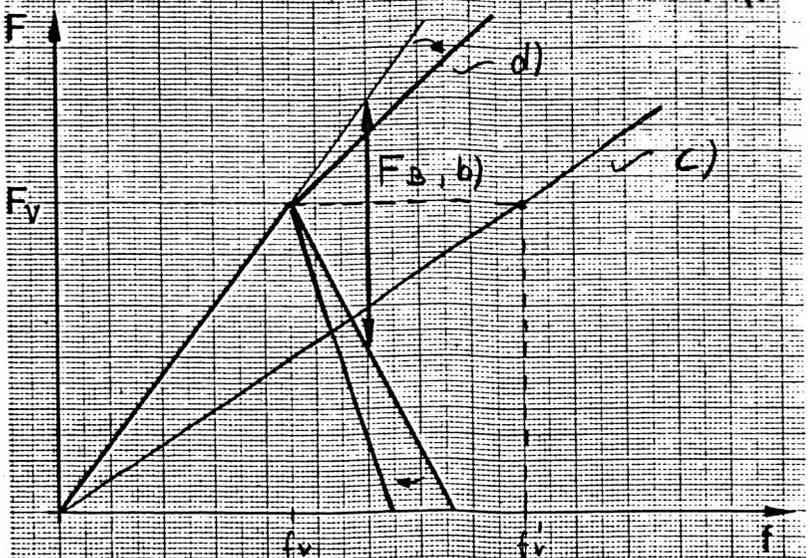


Die nebenstehende Skizze zeigt eine vorgespannte und unter instationärer Betriebslast stehende Schraubenverbindung.

- a) Zeichnen Sie die Orte des Kraftangriffs der Betriebskraft ein! Unterscheiden Sie dabei zwischen theoretischem und praktischem Kraftangriffsort!

Tragen Sie in das vorbereitete Verspannungsdiagramm die folgenden Verhältnisse ein:

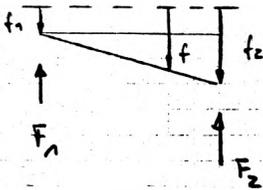
- je ①
- b) $F_B = 5/6 \cdot F_V$
 - c) doppelte Schraubennachgiebigkeit bei gleicher Vorspannung
 - d) die Auswirkung des Übergangs vom theoretischen zum praktischen Kraftangriffsort *Schraube wird nachgiebiger, der Flansch steifer*



Punkte

Lösung zu Aufgabe 3

5 Punkte



a) $F_1 + F_2 = F$ (1)

$F_1 l_1 = F_2 l_2$ (2)

$F_1 = C_1 \cdot f_1$ (3)

$F_2 = C_2 \cdot f_2$ (4)

(3), (4) in (2): $C_1 f_1 l_1 = C_2 f_2 l_2 \wedge \underline{\underline{\frac{f_1}{f_2} = \frac{C_2 l_2}{C_1 l_1}}}$

b) $\frac{f - f_1}{l_1} = \frac{f_2 - f_1}{l_1 + l_2}$ Strahlensatz am ausgelenkten Balken (5)

$f = (f_2 - f_1) \frac{l_1}{l_1 + l_2} + f_1 = f_2 \frac{l_1}{l_1 + l_2} + f_1 \left(1 - \frac{l_1}{l_1 + l_2}\right)$, mit (3), (4):

$= \frac{F_2}{C_2} \frac{l_1}{l_1 + l_2} + \frac{F_1}{C_1} \frac{l_2}{l_1 + l_2}$

aus (1), (2) folgt $F_1 = F - F_2 = F_2 \frac{l_2}{l_1} \wedge F = F_2 \left(1 + \frac{l_2}{l_1}\right)$

$F = F_2 \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1}\right) \wedge F_2 = F \frac{l_1}{l_1 + l_2}$; analog $F_1 = F \frac{l_2}{l_1 + l_2}$

eingesetzt:

$f = F \cdot \frac{1}{C_2} \cdot \frac{l_2}{l_1 + l_2} \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2} + F \cdot \frac{1}{C_1} \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2} \cdot \frac{l_2}{l_1 + l_2}$

$\underline{\underline{f = F \frac{l_1 l_2}{(l_1 + l_2)^2} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = F \frac{l_1 l_2}{(l_1 + l_2)^2} \left(\frac{C_2 + C_1}{C_1 \cdot C_2}\right)}}$

c) $\underline{\underline{C_{\text{ges}} = \frac{F}{f} = \frac{(l_1 + l_2)^2}{l_1 \cdot l_2} \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}}$

d) $l_1 = l_2 = l$; $C_1 = C_2 = c$

e) $\underline{\underline{C_{\text{ges}} = \frac{(2l)^2}{l^2} \cdot \frac{c^2}{2c} = 4 \cdot \frac{c}{2} = 2c}}$

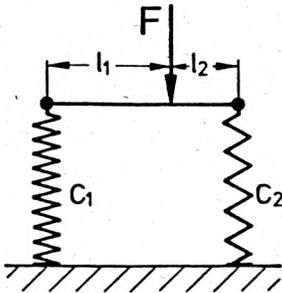
Es handelt sich also um eine Parallelschaltung!

Σ 5

4

Punkte

Aufgabe 3:



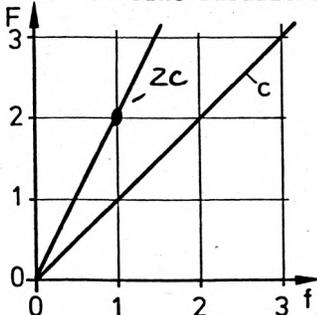
a) Wie groß ist für das skizzierte Federsystem das Verhältnis der Verschiebungen an den Balkenenden?

Der Querbalken soll als starr angesehen werden.

b) Wie groß ist die Absenkung des Lastangriffspunktes?

c) Wie groß ist die Gesamt-Federsteifigkeit des Systems?

d) Tragen Sie die Federsteifigkeit des Systems für den Sonderfall: $l_1 = l_2 = 1$; $c_1 = c_2 = c$ in das vorbereitete Diagramm ein! Handelt es sich dabei um eine Hintereinander- oder um eine Parallelschaltung?



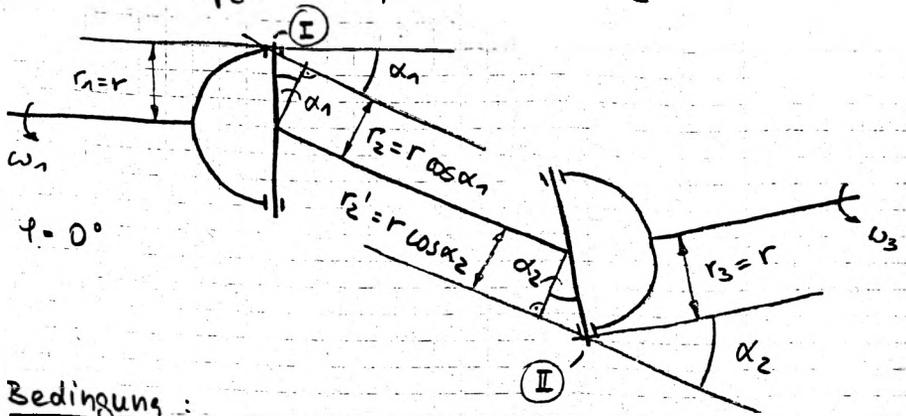
d) $c_{ges} = 2c$
doppelte Steifigkeit!

Lösung zu Aufgabe 4 a)

$$r := dm/2$$

Punkte

①



Bedingung:

Die Umfangsgeschwindigkeit eines Gelenkpunktes ist für beide Gelenkhälften gleich! $v = \omega \cdot r = \text{const.}$

①

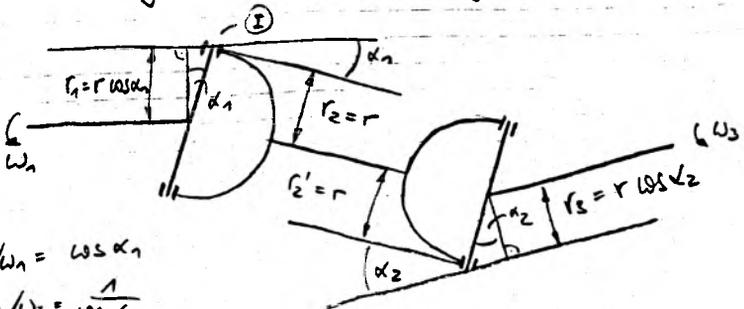
$$\textcircled{I} \quad \left. \begin{array}{l} v_1 = \omega_1 r_1 \\ v_2 = \omega_2 r_2 \end{array} \right\} v_1 = v_2 \quad \wedge \quad \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r}{r \cdot \cos \alpha_1} = \frac{1}{\cos \alpha_1}$$

$$\textcircled{II} \quad \left. \begin{array}{l} v_2' = \omega_2 r_2' \\ v_3 = \omega_3 r_3 \end{array} \right\} v_2' = v_3 \quad \wedge \quad \frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{r_2'}{r_3} = \frac{r \cos \alpha_2}{r} = \cos \alpha_2$$

$$\underline{\underline{\frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{\omega_3/\omega_2}{\omega_2/\omega_1} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1} < 1 \text{ für } \alpha_2 > \alpha_1}}$$

für $\varphi = 90^\circ$ gelten die Überlegungen analog:

①



①

$$\omega_2/\omega_1 = \cos \alpha_1$$

$$\omega_3/\omega_2 = \frac{1}{\cos \alpha_2}$$

$$\underline{\underline{\omega_3/\omega_1 = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2} > 1}}$$

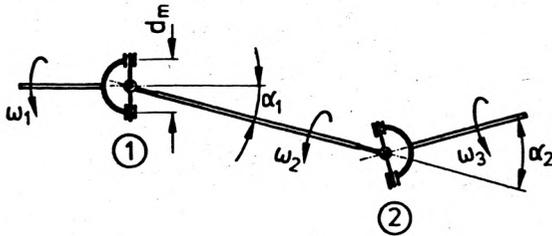
Σ4

A

Aufgabe 4:

Punkte

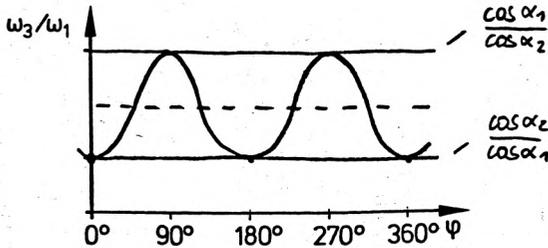
- a) Berechnen Sie für die Phasenlagen $\omega t = \varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 90^\circ$ das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeiten ω_3/ω_1 für die skizzierte Gelenkwellenanordnung!



④

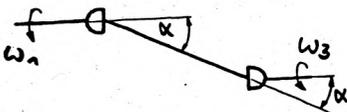
Lösung zu a) vgl. folgende Seite!

- b) Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf ω_3/ω_1 über dem Drehwinkel φ in dem untenstehenden Diagramm (Annahme: $\alpha_2 > \alpha_1$)!
- c) Skizzieren Sie 2 mögliche Anordnungen, bei denen für alle Drehwinkel φ $\omega_1 = \omega_3 = \text{const.}$ ist.

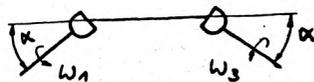


①

c) $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$!



„Z“-Anordnung



„M“-Anordnung

Z 7

Aufgabe 5:

- a) Was versteht man bei einem Riementrieb unter Dehnschlupf?
b) Wie läßt er sich mit Hilfe der Nutztension angeben?
c) Wie groß ist der aus dem Dehnschlupf resultierende Leistungsverlust?

a) Im Lasttrum ist die Dehnung wegen $\sigma_1 > \sigma_2$ größer als im Leertrum, wodurch unterschiedliche Umfangsgeschwindigkeiten der Riemen scheiben entstehen, die angetriebene Scheibe eilt gegenüber der treibenden Scheibe nach!

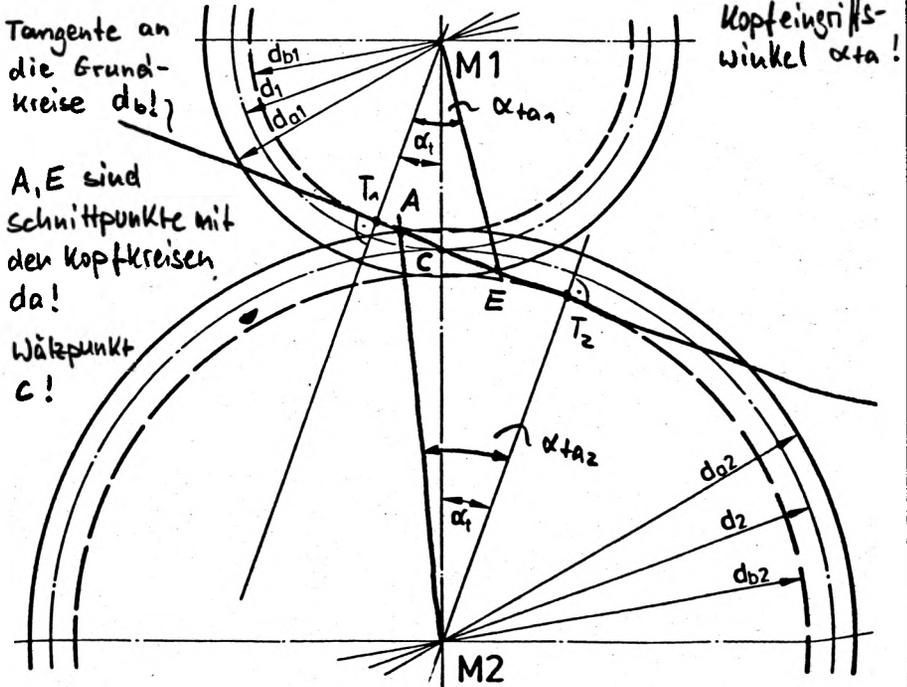
b)
$$\frac{v_1 - v_2}{v_1} = \frac{\Delta l / t}{l / t} = \frac{\Delta l}{l} = \epsilon = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{E} \stackrel{!}{=} \frac{\sigma_u}{E}$$

c)
$$\frac{P_v}{P_n} = \frac{F_n (v_1 - v_2)}{F_n \cdot v_1} \stackrel{!}{=} \frac{\sigma_u}{E} \quad \text{s.o.}!$$

A

Punkte Aufgabe 6:

- a) Zeichnen Sie in die vorbereitete Skizze einer Nullverzahnung nach DIN 867 im Stirnschnitt die Eingriffslinie $\overline{T_1T_2}$ und die Eingriffsstrecke \overline{AE} ein!



- ① b) Wie ist die Profilüberdeckung ϵ_α definiert?

$\frac{\text{Eingriffsstrecke}}{\text{Eingriffsteilung}}$

- ① c) Wie groß ist die Eingriffsteilung p_{et} ?

$$p_{et} = \pi \cdot m_t \cdot \cos \alpha_t$$

- ① d) Wie groß ist die Eingriffsstrecke \overline{AE} ?

$$\overline{AE} = \overline{T_1E} + \overline{AT_2} - (\overline{T_1C} + \overline{CT_2})$$

$$= \frac{d_{b2}}{2} \tan \alpha_{t2} + \frac{d_{b1}}{2} \tan \alpha_{t1} - \left(\frac{d_{b1}}{2} + \frac{d_{b2}}{2} \right) \tan \alpha_t$$

Lösung zur Aufgabe Karosseriepresse (Berechnung)

1.1 $v_s \cdot \frac{D_s}{2} = v_n \cdot \frac{d_n}{2} \wedge v_s = \frac{d_n}{D_s} \cdot v_n$

$v_s = \frac{350 \text{ mm}}{1068 \text{ mm}} \cdot 1110 \text{ min}^{-1} = \underline{370 \text{ min}^{-1}}$

1.2 $P_M = T_s \cdot \omega_s = T_s \cdot 2\pi v_s \wedge T_s = \frac{P_M}{2\pi v_s}$

$T_s = \frac{33 \text{ kW}}{2\pi \cdot 370 \text{ min}^{-1}} \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{kW}} \cdot 1 \frac{\text{Nm}}{\text{s} \cdot \text{W}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}$

$T_s = 851,69 \text{ Nm} \approx \underline{852 \text{ Nm}}$

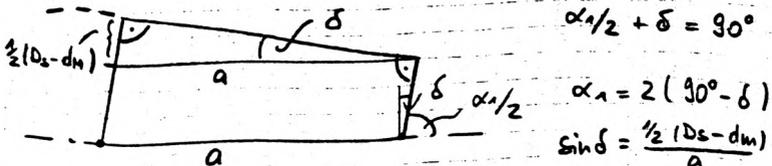
1.3 $F_n = \frac{T_s}{D_s/2} = \frac{2 \cdot 852 \text{ Nm}}{1068 \text{ mm}} \cdot 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$

$F_n = 1595,51 \text{ N} \approx \underline{1596 \text{ N}}$

$S_2 = F_n/2 = \underline{798 \text{ N}}, S_1 = F_n + S_2 = \frac{3}{2} F_n = \underline{2394 \text{ N}}$

$F_{n \max} = S_{1 \max} - S_2 = S_2 \left(\frac{S_{1 \max}}{S_2} - 1 \right) = S_2 (e^{\mu \alpha} - 1)$

maximal übertragbare Nutzkraft: $\alpha = \alpha_{\min} = \alpha_1$



$\sin \delta = \frac{1/2(1068 - 356) \text{ mm}}{1866 \text{ mm}} = 0,1908 \wedge \delta \approx 11^\circ$

$\alpha_1 = 2(90^\circ - 11^\circ) = \underline{158^\circ} \quad \hat{\alpha}_1 = \pi \cdot \frac{158^\circ}{180^\circ} = 2,76$

$\alpha_1 + \alpha_2 = 360^\circ \wedge \alpha_2 = 360^\circ - 158^\circ = \underline{202^\circ}$

$F_{n \max} = 798 \text{ N} \cdot (e^{0,2 \cdot 2,76} - 1) = 6461,81 \text{ N} \approx \underline{6462 \text{ N}}$

$S_r = \frac{F_{n \max}}{F_n} = \frac{6462 \text{ N}}{1596 \text{ N}} = 4,05 \approx \underline{4}$

$$1.4 \quad F_A = \sqrt{(S_1 + S_2)^2 \cos^2 \delta + (S_1 - S_2)^2 \sin^2 \delta}$$

(A)

Wegen $S_1 = \frac{1}{2} F_n$ und $S_2 = \frac{1}{2} F_n$ ist

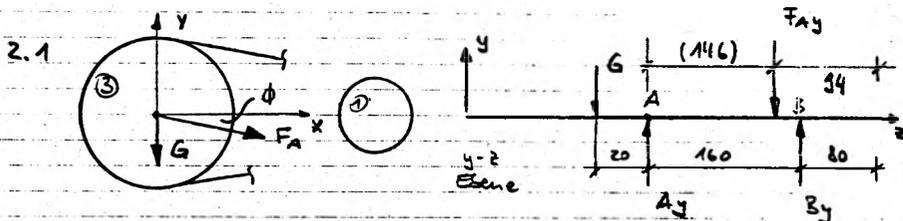
$$S_1 + S_2 = 2 F_n \quad \text{und} \quad S_1 - S_2 = 0$$

$$F_A = F_n \sqrt{4 \cos^2 \delta + \sin^2 \delta}$$

$$\underline{F_A = 1596 \text{ N} \sqrt{4 \cos^2 11^\circ + \sin^2 11^\circ} = 3148 \text{ N}}$$

$$\tan \phi = \frac{(S_1 - S_2)}{(S_1 + S_2)} \tan \delta = \frac{F_n}{2 F_n} \tan \delta = \frac{1}{2} \tan \delta$$

$$\underline{\phi = 5,6^\circ}$$



$$\uparrow: A_y + B_y - G - F_{Ay} = 0$$

$$\vec{A}: (160 + 80 - 94) F_{Ay} - 20 \cdot G - 160 \cdot B_y = 0 \quad \begin{matrix} x-z \\ \text{Ebene} \end{matrix}$$

$$\uparrow: A_x + B_x + F_{Ax} = 0$$

$$\vec{A}: 146 F_{Ax} + 160 B_x = 0$$

$$F_{Ax} = F_A \cdot \cos \phi$$

$$F_{Ay} = F_A \cdot \sin \phi$$

$$B_y = (146 F_A \sin \phi - 20 G) \cdot \frac{1}{160} = (146 \cdot 3148 \text{ N} \cdot \sin 5,6^\circ - 20 \cdot 15000 \text{ N}) \cdot \frac{1}{160} = -1535 \text{ N}$$

$$A_y = G + F_{Ay} - B_y = 15000 \text{ N} + 3148 \text{ N} \cdot \sin 5,6^\circ + 1535 \text{ N} \approx 16902 \text{ N}$$

$$B_x = -\frac{146}{160} F_{Ax} = -\frac{146}{160} \cdot 3148 \text{ N} \cdot \cos 5,6^\circ \approx -2859 \text{ N}$$

$$A_x = -F_{Ax} - B_x = -3148 \text{ N} \cdot \cos 5,6^\circ + 2859 \text{ N} \approx -274 \text{ N}$$

$$\underline{A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \approx 16904 \text{ N}} \quad \underline{B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \approx 3274 \text{ N}}$$

2.2 $L_h = \frac{10^6}{u_s} \left(\frac{C}{A} \right)^m$ Lager A mit höherer Last!

$$C = A \cdot \left(\frac{L_h \cdot u_s}{10^6} \right)^{1/m} \quad m = 12/3 \text{ für Rollenlager}$$

$$C = 16304 \text{ N} \cdot \left(\frac{50000 \text{ U} \cdot 60 \text{ min}^4/\text{U} \cdot 370 \text{ 1/min}}{10^6} \right)^{3/10}$$

$$C \approx \underline{138544 \text{ N}}$$

3.1 $\tau_t = T/W_t \quad T = T_s \quad W_t = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 50^3 \text{ mm}^3}{16} = 24544 \text{ mm}^3$

$$\tau_t = \frac{852 \text{ Nm} \cdot 1000 \text{ mm}^3/\text{m}}{24544 \text{ mm}^3} = 34,7 \text{ N/mm}^2$$

Kerbwirkung: mit $s/d = 1/50 = 0,02$ und $D/d = 60/50 = 1,2$
ergibt sich: $\alpha_{kt} \approx 2$

$$\tau_{tk} = \alpha_{kt} \cdot \tau_t = 2 \cdot 34,7 \text{ N/mm}^2 = \underline{69,4 \text{ N/mm}^2}$$

$$K_W = C_D \cdot C_{Gr} \cdot n_x \cdot G_A$$

für Halbzeug $\varnothing 80$, Baustahl ist $C_D \approx 0,95$

$$C_{Gr} = 0,575 \cdot C_0 + 0,425 \quad C_{Gr} = C_0 + (1 - C_0) \left(\frac{\alpha_{Gr} - 1}{\alpha_{Gr}} \right)^2$$

für $R_m \approx 500 = 520 \text{ N/mm}^2$ und $R_t \approx 8 \mu\text{m}$ (geschliffen)

$$\text{ist } C_0 \approx 0,9 \quad ; \quad C_{Gr} = 0,9 + 0,1 \left(\frac{2-1}{2} \right)^2 = 0,925$$

$$C_{Gr} = 0,575 \cdot 0,925 + 0,425 \approx \underline{0,96}$$

Stützwirkung n_x aus Spannungsgefälle χ :

$$\text{Torsion, Wellerabsatz: } \chi = \frac{4}{3d} + \frac{1}{s}$$

$$\chi = \left(\frac{4}{3 \cdot 80} + \frac{1}{1} \right) \text{ mm} \approx 1,04$$

bei Halbzeug $\varnothing 80 \text{ mm}$ ist $R_{p0,2} = R_{eH} = 325 \text{ N/mm}^2$,

$$\text{damit } n_x = 1,17$$

Die Torsionsspannung ist schwellend, also

$$\tau_{tkm} = \tau_{tka} = \tau_{tk} / 2 = \underline{35 \text{ N/mm}^2}$$

(A)

Biegung liegt nicht vor! Nach GH somit

$$\sigma_v = \sqrt{3} \cdot \tau_t$$

$$\sigma_{vkm} = \sigma_{vka} = \sqrt{3} \cdot 35 \text{ N/mm}^2 \approx 61 \text{ N/mm}^2$$

Aus dem Dauerfestigkeitsschaubild für Zug-Druck:

$$\sigma_A \approx (236 - 61) \text{ N/mm}^2 = 175 \text{ N/mm}^2$$

$$k_w = c_D \cdot c_{\text{Okt}} \cdot k_T \cdot \sigma_A = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 1,17 \cdot 175 \text{ N/mm}^2$$

$$k_w \approx 187 \text{ N/mm}^2$$

$$A^* = \frac{\sigma_{vka} \cdot v_D}{k_w} = \frac{61 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,7}{187 \text{ N/mm}^2} = 0,555$$

Die Ausnutzung beträgt $\approx 56\%$!

3.2 maßgebliche Beanspruchung ist die maximale Flächenpressung

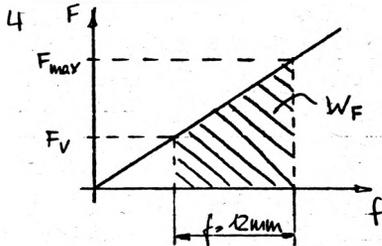
$$p = F/A \quad \bar{r} = \bar{r}_1 = \frac{T_s}{d_{12}} \quad A = l_{tr} \cdot h_{tr}$$

$$p = p_{zul} = \frac{R_{eH}}{v_F} = \frac{2 T_s}{d \cdot l_{tr} \cdot h_{tr}}$$

Die geringste Festigkeit bei kleinstem tragender Höhe hat die Nabe, daher $R_{eH} = 250 \text{ N/mm}^2$, $h_{tr} = (9 - 5,5) \text{ mm}$

$$l_{tr} = \frac{2 \cdot 852 \text{ 000 Nmm} \cdot 2}{50 \text{ mm} \cdot 3,5 \text{ mm} \cdot 250 \text{ N/mm}^2} = 77,9 \text{ mm} \approx 78 \text{ mm}$$

Teilaufgabe II



$$W_F = \frac{F_V + F_{\text{max}}}{2} \cdot f$$

$$F_{\text{max}} = 2 \frac{W_F}{f} - F_V$$

$$= 2 \cdot \frac{1800 \text{ Nmm}}{12 \text{ mm}} - 100 \text{ N}$$

$$\underline{F_{\text{max}} = 200 \text{ N}}$$

$$\underline{c_F = \frac{F_{\text{max}} - F_V}{f} = \frac{200 \text{ N} - 100 \text{ N}}{12 \text{ mm}} = 8,33 \text{ N/mm}}$$

Beanspruchung: $k = \frac{\tau_{\text{max}}}{\tau_n}$; $\tau_n = \frac{F \cdot D_m/2}{\pi d^3/16} = \frac{8 F D_m}{\pi d^3}$

$$\uparrow d^3 = k \cdot \frac{8}{\pi} \cdot \frac{D_m \cdot F_{\text{max}}}{\tau_{\text{zul}}}$$

$$k = f \left(w = \frac{D_m}{d} \right), \text{ vorläufig } k = 1$$

$$d^3 = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{25 \text{ mm} \cdot 200 \text{ N}}{500 \text{ N/mm}^2} \approx 25,5 \text{ mm}^3 \quad \wedge \quad \underline{d \approx 2,94 \text{ mm}}$$

$$\underline{w = \frac{D_m}{d} = \frac{25}{2,94} \approx 8,5} \quad \wedge \quad \underline{k \approx 1,2}$$

$$\text{damit } \underline{d = \sqrt[3]{1,2} \cdot 2,94 \text{ mm} \approx 3,12 \text{ mm}},$$

$$\text{gewählt } \underline{d = 3,5 \text{ mm}}, \quad \underline{w = \frac{25}{3,5} \approx 7,1} \quad \wedge \quad \underline{k \approx 1,2}, \text{ Heißt!}$$

Der Federdrahtdurchmesser ist mit 3,5 mm festgelegt!

$$c = \frac{G}{4 i_f} \cdot \frac{(d/2)^4}{(D_m/2)^3} \quad \wedge \quad i_f = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot c \cdot D_m^3}$$

$$\underline{i_f = \frac{83000 \text{ N/mm}^2 \cdot (3,5 \text{ mm})^4}{8 \cdot 8,33 \text{ N/mm} \cdot (25 \text{ mm})^3} \approx 11,96}$$

$$\text{gewählt: } \underline{i_f = 12}$$

$$\underline{F_{N2} = 68\,228\text{ N}}$$

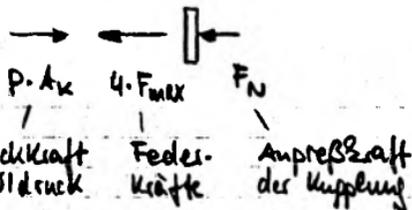
$$\underline{p} = \frac{4 \cdot 200\text{ N} + 68\,228\text{ N}}{2172,21\text{ cm}^2} = 31,78\text{ N/cm}^2 \approx \underline{3,2\text{ bar}}$$

$$\text{s. 2} \quad \underline{p} = \frac{F_N}{A_R} \quad A_R = \frac{\pi}{4} (622^2 - 377^2)\text{ mm}^2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{mm}^2}$$
$$\underline{A_R = 1922,3\text{ cm}^2}$$

$$\underline{p} = \frac{68228\text{ N}}{1922,3\text{ cm}^2} = \underline{35,5\text{ N/cm}^2} < 50\text{ N/cm}^2 = p_{\text{zul}}!$$

Die zulässige Flächenpressung an den Ribbelägen wird nicht überschritten!

5.1 Kräfte am Kolben :



(A)

$$\sum F = 0 :$$

$$p \cdot A_k = 4 \cdot F_{\max} + F_N$$

$$p = \frac{1}{A_k} (4 \cdot F_{\max} + F_N)$$

$$\text{Kolbenfläche } A_k = \frac{\pi}{4} (588^2 - 263^2) \text{ mm}^2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{mm}^2}$$

$$\underline{A_k = 2172,21 \text{ cm}^2}$$

$$F_{\max} = 200 \text{ N (Aufg. 4)}$$

$$\text{Kupplungsmoment } T_k = \gamma_R \cdot T_s = 6 \cdot 852 \text{ Nm}$$

$$\underline{T_k = 5112 \text{ Nm}}$$

$$\text{übertragbares Moment } T_k = \mu \cdot F_N \cdot z \cdot r_m$$

$$r_m = \frac{1}{2} \left(\frac{D_o + D_i}{2} \right), \quad z = 2 \text{ Reibflächen}$$

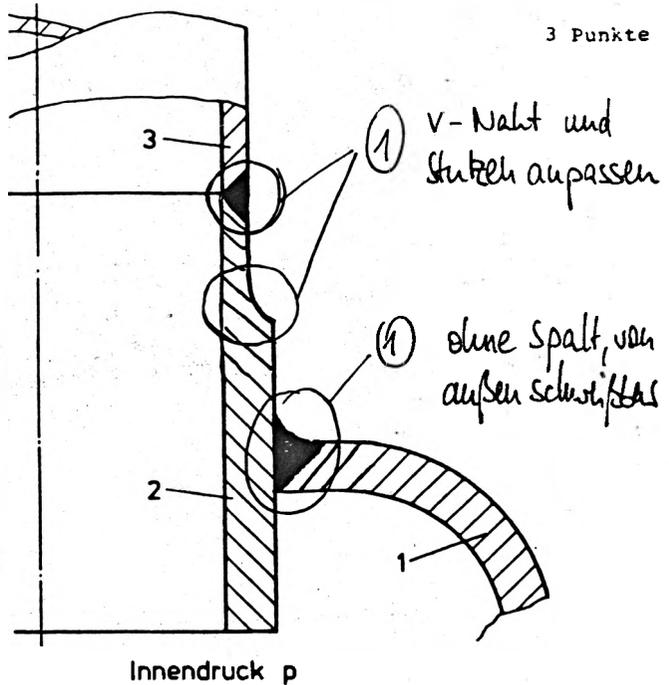
$$F_N = \frac{4 T_k}{\mu \cdot z \cdot (D_o + D_i)} = \frac{4 \cdot 5112 \text{ Nm}}{0,15 \cdot 2 \cdot (622 + 377) \text{ mm}} \cdot 10^3 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

3 : ME-Klausur Herbst '84

Aufgabe 1:

3 Punkte

Kurzfragen



- In einen Behälterboden (1) soll ein Rohrstutzen (2) in der angegebenen Lage sachgerecht eingeschweißt werden. Wählen Sie eine geeignete Schweißnahtform und vervollständigen Sie die Darstellung!
- Wie schließen Sie das Rohr (3) an den Stutzen (2) an? Bitte ebenfalls vervollständigen!
- Warum besitzt der Stutzen (2) eine größere Wanddicke als das Rohr (3)?

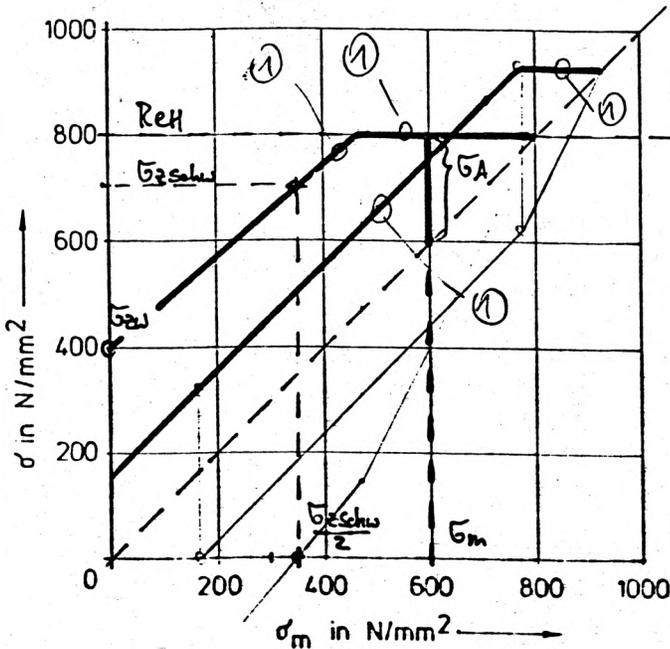
- Einstreifen in den Behälter mit etwa gleicher Wandstärke (0,5)

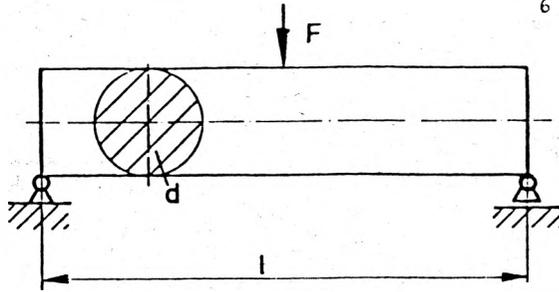
- Verstärkung des Loches (0,5)

Vom Dauerfestigkeitsschaubild eines Werkstoffes sind Ihnen folgende Werte bekannt:

$$\sigma_{zW} = 400 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{zSch} = 700 \text{ N/mm}^2 \quad R_{eH} = 800 \text{ N/mm}^2$$

- Konstruieren Sie im vorbereiteten Diagramm die σ_{zD} -Linie des Dauerfestigkeitsschaubildes!
- Wie gross ist die ertragbare Ausschlagsspannung bei $\sigma_m = 600 \text{ N/mm}^2$? $\sigma_A = 200 \text{ N/mm}^2$ (1)
- Zeichnen Sie in das Diagramm das Dauerfestigkeitsschaubild einer Schraube aus dem gleichen Werkstoff ein (qualitativ)!



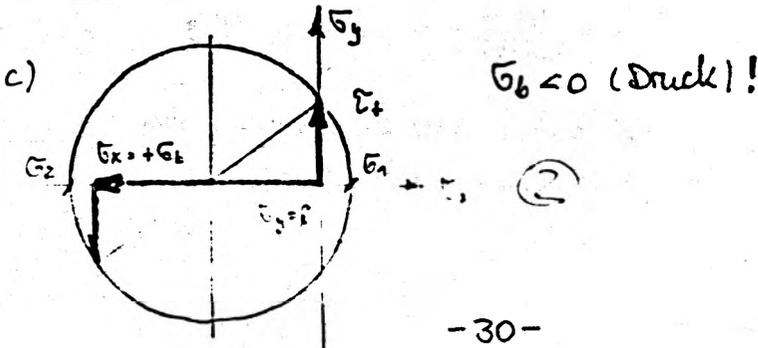


- Wie groß ist für den skizzierten Träger das Verhältnis τ_s / σ_{bmax} bei mittigem Kraftangriff?
- Warum darf die Schubspannung τ_s bei Verhältnissen $l/d > 10$ vernachlässigt werden?
- Zeichnen Sie für die obenerliegende Faser qualitativ den Mohr'schen Spannungskreis, wenn der Biegeträger zusätzlich durch ein größeres Torsionsmoment T belastet ist! Kennzeichnen Sie die Koordinaten- und die Hauptspannungen!

$$a) \sigma_s = \frac{F}{A} = \frac{F/2}{\pi/4 d^2} \quad (1) \quad \sigma_{bmax} = \frac{M_{bmax}}{W_b} = \frac{F/2 \cdot l/2}{\frac{\pi}{32} d^3} \quad (1)$$

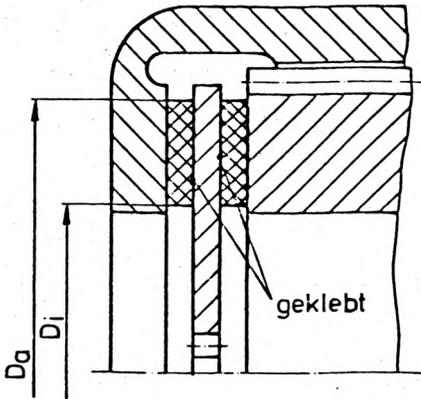
$$\frac{\sigma_s}{\sigma_{bmax}} = \frac{4 \cdot F/2}{\pi d^2} \cdot \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \frac{1}{2}}{32 \cdot F/2 \cdot l} = \frac{d}{4l} = \frac{1}{4l/d} \quad (1)$$

b) Bei $l/d > 10$ wird $\sigma_s / \sigma_{bmax} < \frac{1}{40}$, d.h. $\sigma_s < 0,025 \sigma_{bmax}$; der Fehler ist dann kleiner als 2,5%! (1)



Eine Einscheiben-Trockenkupplung gemäß untenstehender Skizze überträgt ein Drehmoment von 1000 Nm.

- a) Leiten Sie qualitativ das übertragbare Drehmoment ab!
- b) Welches Drehmoment überträgt eine geometrisch ähnlich doppelt so große Kupplung?



$$a) T = \mu \cdot p \cdot z \cdot \frac{\pi}{4} (D_a^2 - D_i^2) \cdot R_{m1} \quad \text{mit } R_i = \frac{d_i}{2}$$

$$R_{m1} = \frac{2}{3} \frac{R_a^3 - R_i^3}{R_a^2 - R_i^2} \quad \text{oder} \quad R_{m1} = \frac{1}{4} (D_a + D_i) \quad (1)$$

b) mit $p, \mu = \text{const.}$:

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{D_{a1}^2 - D_{i1}^2}{D_{a0}^2 - D_{i0}^2} \cdot \frac{R_{m1}}{R_{m0}} = \frac{D_{a1}^2}{D_{a0}^2} \frac{(1 - (\frac{D_{i1}}{D_{a1}})^2)}{(1 - (\frac{D_{i0}}{D_{a0}})^2)} \cdot \frac{R_{m1}}{R_{m0}} \quad (1)$$

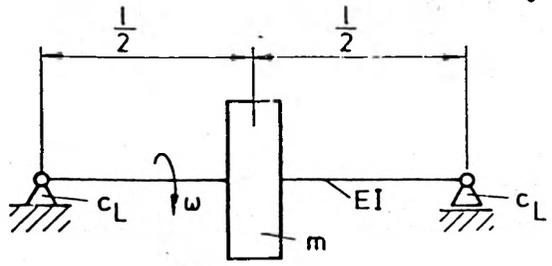
= const!

$$= 2^2 \cdot 2 = 8$$

$$\underline{T_1} = 8 \cdot T_0 = \underline{8000 \text{ Nm}} \quad (1)$$

Hilfe:

$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$



- Wie groß ist die biegekritische Drehzahl der skizzierten Welle mit aufgesetzter Scheibe (die Welle selbst sei masselos, der Lagereinfluß soll vernachlässigt werden)?
- Welchen Einfluß hat die Steifigkeit der Lager auf die biegekritische Drehzahl? Geben Sie die Beziehung für die Gesamtsteifigkeit des Systems an!
- Falls ω_{kr} im Bereich der fest vorgegebenen Betriebsdrehzahl ω liegt, welche Maßnahmen könnten Sie ergreifen?

a) Federsteifigkeit der Welle $c_w = \frac{F}{f} = \frac{G}{G \cdot l^3 / 48 EI}$

$$c_w = \frac{48 EI}{l^3} \quad ; \quad \omega_{kr} = \sqrt{\frac{c_w}{m}} = \sqrt{\frac{48 EI}{m \cdot l^3}}$$

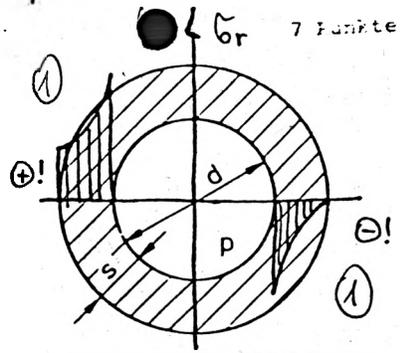
b) Senkung von ω_{kr} , denn die Gesamtsteifigkeit sinkt:

$$\frac{1}{c_{ges}} = \frac{1}{c_w} + \frac{1}{2c_L}$$

- c) ω_{kr} vergrößern durch:
- Erhöhung von I
 - Verringerung von m

B-Kurzfragen

Gegeben sei ein Behälter unter Innendruck p.

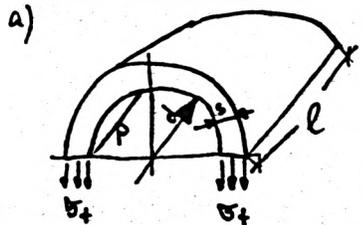
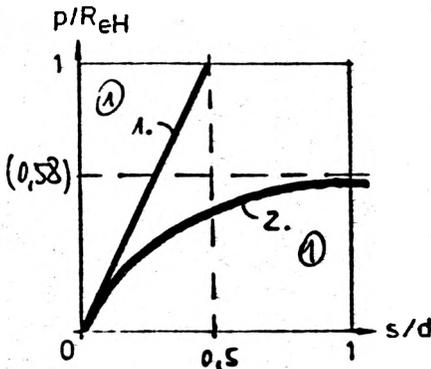


- a) Wie lautet die Kesselformel oder leiten Sie den Zusammenhang her!
- b) Stellen Sie den Verlauf des Verhältnisses ertragbarer Innendruck zu Streckgrenze p/R_{eH} über der bezogenen Wanddicke s/d in dem vorbereiteten Diagramm qualitativ für folgende Fälle dar:
1. dünnwandiger Behälter
 2. dickwandiger Behälter

c) Bis zu welchem Verhältnis s/d darf die Kesselformel verwendet werden? Bis $s/d \approx 0,1$ ①

d) Skizzieren Sie den Spannungsverlauf von σ_t und σ_r beim dickwandigen Behälter in die obige Skizze ein!

e) Wie groß ist die Radialspannung an der Innenwand? $\sigma_r = -p$ ①



Annahmen: $\sigma_r \approx 0$, $\sigma_t = \text{const}$
 Gleichgew.: $p \cdot d \cdot l = 2 \cdot \sigma_t \cdot s \cdot l$

Kesselformel: $\sigma_t = \frac{p \cdot d}{2 \cdot s}$ ①

$\frac{1}{\sigma_t} = 2 \frac{s}{p \cdot d}$; $\sigma_t = R_{eH}$; $R_{eH} = 2 \frac{s \cdot p}{d}$

Antrieb eines Hydraulikaggregates

Das Bild 1 zeigt die Lagerung einer Zwischenwelle zum Antrieb des Hydraulikaggregates (11) über eine elastische Kupplung (12). Der Antrieb erfolgt über eine schrägverzahnte Stirnradstufe auf das Rad (5) und über Kegelspannhülsen (17) auf die Hohlwelle (4). Die Verbindung zur quer- und axialkraftfreien Kupplung stellt die mit der Dehnschraube (10) vorgespannte Plan- Kerbverzahnung her, deren Ringe auf die Flansche (6) und (7) aufgeschraubt sind. Die Plan- Kerbverzahnung dient zur Einstellung bestimmter Phasenlagen zwischen Antrieb und Hydraulikaggregat. Die Welle ist mit den beiden Rillenkugellagern (14) im Lagerbock (1) abgestützt; dieser ist auf der Grundplatte (2) verschraubt und verstiftet.

B-Rechenteil

Punkte	$\Sigma = 15/20$
B	F
D	K
Ausgabe:	Sachgebiet
H 84	Berechnung
	Aufgabengebiet
	Verzahnung
Datum	24.1.84

1. Verzahnungsrechnung

max. 15 Punkte

Von der schrägverzahnten Stirnradstufe des Antriebs sind folgende Daten gegeben:

Antrieb: $P = 11 \text{ kW}$
 $n_1 = 1450 \text{ min}^{-1}$

Abtrieb: $n_2 = 500 \text{ min}^{-1}$

Verzahnung: $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 16^\circ$
 $a = 100 \text{ mm}$
 $m_n = 3 \text{ mm}$

- ③ a) Bestimmen Sie die Sollübersetzung sowie das An- und das Abtriebsmoment!
- ⑤ b) Bestimmen Sie die Zähnezahlen z_1 und z_2 , wobei der Übersetzungsfehler kleiner als 2 ‰ sein soll!
- ② c) Durch welche Maßnahme kann der vorgegebene Achsabstand erreicht werden (verbale Angabe)?
- ① d) Welche Breite muß für die Verzahnung gewählt werden, damit die Sprungüberdeckung $\epsilon_\beta = 2$ erreicht wird?
- ④ e) Berechnen Sie die Verzahnungskräfte am Teilkreis des Rades, die als Belastung auf die Welle wirken!

215

1. Verzahnungsrechnung

15 Pkt

a) $i = \frac{u_1}{u_2} = \frac{1450 \text{ min}^{-1}}{500 \text{ min}^{-1}} = \underline{2,9}$ ①

$P = T \cdot \omega$, $\omega = 2\pi n \rightarrow T_1 = \frac{P}{2\pi n_1} = \frac{11000 \text{ W}}{2\pi \cdot 1450 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{min}}{\text{s}}} = \underline{724 \text{ Nm}}$ ①

$T_2 = T_1 \cdot i = 724 \text{ Nm} \cdot 2,9 = \underline{2101 \text{ Nm}}$ ①

b) $a = \frac{1}{2}(d_{w1} + d_{w2})$ ①; $z_1 + z_2 = z_1(1+i)$; zunächst $\alpha_w \approx \alpha$
 d.h. $x_1 + x_2 \approx 0$
 $\hookrightarrow a \approx \frac{u_w \cdot z_1 \cdot (1+i)}{2 \cdot \cos \beta} \hookrightarrow z_1 = \frac{2a \cos \beta}{u_w (1+i)}$ ① d.h. $dw \approx d = \frac{u_w z}{\cos \beta}$

$z_1 \approx \frac{2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot \cos 16^\circ}{3 \text{ mm} \cdot (1+2,9)} = 16,4$ gewählt $\underline{z_1 = 16}$ ①

$z_{2 \max} = z_1 \cdot i_{\max}$ ① $i_{\max} = 1,02 \cdot i \rightarrow z_{2 \max} = 16 \cdot 1,02 \cdot 2,9 = 47,3$
 gewählt $\underline{z_2 = 47}$ ① Kontrolle: $\Delta u = \left| \frac{u_1}{i} - u_2 \right| = \left| \frac{2,9 \cdot 47,3}{2,9} - 100 \right| = 1,3\%$ ①

(Anm.: Bei $z_1/z_2 = \frac{47/16}{47/16}$ wird $x_1 + x_2 = 0,5960$ } positiv
 $\frac{47/16}{47/16}$ } $1,1991$
 $\frac{47/17}{50/17}$ } $-0,8839$
 $\frac{50/17}$ } $-1,2407$ } negativ

c) ② Durch eine entsprechende positive (negative) Profilverchiebungssumme in engen Grenzen durch vergrößern (verkleinern) des Schrägungswinkels.

d) $\epsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin \beta}{\pi \cdot u_w} \rightarrow b = \epsilon_\beta \cdot \frac{\pi \cdot u_w}{\sin \beta} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3 \text{ mm}}{\sin 16^\circ} = \underline{68,4 \text{ mm}}$ ①

e) $F_t = \frac{2T}{d}$; $F_a = F_t \cdot \tan \beta$; $F_r = F_t \cdot \tan \alpha$; $d = \frac{u_w z}{\cos \beta}$; $\tan \alpha = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta}$
 $F_{\text{tot}} = \sqrt{F_t^2 + F_r^2} = \frac{2T \cos \beta}{u_w z \cos \alpha}$; $F_a = \frac{2T}{u_w z} \cdot \sin \beta$; $\alpha = \arctan\left(\frac{\tan 20^\circ}{\cos 16^\circ}\right)$

$F_{\text{tot}} = \frac{2 \cdot 2101 \text{ Nm} \cdot \cos 16^\circ}{3 \text{ mm} \cdot 47 \cdot \cos 20,7386^\circ} = \underline{3064 \text{ N}}$ ②

$\alpha = 20,7386^\circ$

$d_2 = \frac{3 \text{ mm} \cdot 47}{\cos 16^\circ}$

$F_a = \frac{2 \cdot 2101 \text{ Nm}}{3 \text{ mm} \cdot 47} \cdot \sin 16^\circ = \underline{822 \text{ N}}$ ②

$d_2 = 146,7 \text{ mm}$

(Anm.: $F_t = 2865 \text{ N}$, $F_r = 1085 \text{ N}$) ; $F_t = \frac{2T_2}{d_2}$ mit $T_2 = T_1 \cdot u$!

B

Punkte	$\Sigma = 13/20$
Berechnung	F
D	K
Ausgabe:	Sachgebiet
Hilf:	Berechnung
15%	
164%	Aufgabengebiet
Lager	

2. Lagerberechnung

max. 13 Punkte

Hinweis: Falls Sie Punkt 1 nicht gelöst haben, rechnen Sie mit den folgenden Verzahnungskräften weiter:

F_A = 800 N, F_{bt} = 3100 N

- a) Zeichnen Sie für die Wellenlagerung das mechanische Ersatzbild und tragen Sie die Kräfte und Hebelarme ein!
- 3) Beachten Sie dabei, daß der Antrieb für beide Drehrichtungen ausgelegt ist und betrachten Sie den ungünstigeren Fall mit den höheren Lagerbelastungen!
- b) Bestimmen Sie die Lagerkräfte!
- 3) Der Antrieb soll für eine Lebensdauer von 300 Stunden ausgelegt werden.
- 3) Bestimmen Sie die erforderliche Tragzahl des höher belasteten Lagers!
- 1) Es werden Rillenkugellager des Typs 6006 mit einer Tragzahl von C = 13 300 N für beide Lager gewählt.
- 1) Bestimmen Sie die tatsächliche Lebensdauer der Lagerung!

13

Fortsetzung

$$C_{\text{erf}} = \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_{\text{erf}} \cdot F^p}{10^6}} = \sqrt[3]{\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 500 \frac{1}{\text{min}} \cdot 300 \text{h} \cdot 5735^3 \text{N}^3}{10^6}}$$

C_{erf} = 12 055 N (2)

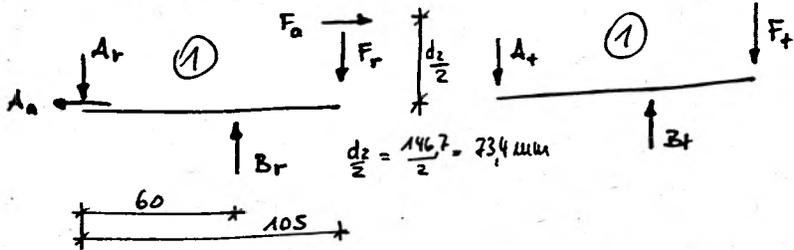
d) L_n = L_{erf} · (C / C_{erf})³ = 300 h · (13300 / 12055)³ = 403 h (1)

Datum 24.9.84

2. Lagerberechnung

a) Ebene der Radialkraft

Ebene der Tangentialkraft



In der ungünstigeren Drehrichtung wirkt das Moment aus der Axialkraft gleichsinnig mit dem Moment aus der Radialkraft! ①

$$\text{b) } \vec{A}_r: B_r \cdot 60 - F_r \cdot 105 - F_a \cdot 73.4 = 0$$

$$B_r = \frac{1085 \text{ N} \cdot 105 \text{ mm} + 822 \text{ N} \cdot 73.4 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = \underline{\underline{2905 \text{ N}}} \quad \text{①}$$

$$\vec{B}_r: A_r \cdot 60 - F_r \cdot 45 - F_a \cdot 73.4 = 0$$

$$A_r = \frac{1085 \text{ N} \cdot 45 \text{ mm} + 822 \text{ N} \cdot 73.4 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = \underline{\underline{1820 \text{ N}}} \quad \text{①}$$

$$\rightarrow: A_a = F_a = \underline{\underline{822 \text{ N}}}$$

$$\vec{A}_t: B_t \cdot 60 \text{ mm} - F_t \cdot 105 \text{ mm} = 0$$

$$B_t = F_t \cdot \frac{105}{60} = 2865 \text{ N} \cdot \frac{105}{60} = \underline{\underline{5014 \text{ N}}} \quad \text{①}$$

$$\vec{B}_t: A_t \cdot 60 - F_t \cdot 45 = 0$$

$$A_t = F_t \cdot \frac{45}{60} = 2865 \text{ N} \cdot \frac{45}{60} = \underline{\underline{2149 \text{ N}}} \quad \text{①}$$

$$\text{Resultierende Lagerkräfte: } F_R = \sqrt{A_r^2 + A_t^2} = \sqrt{1820^2 + 2149^2} \quad \text{②}$$

$$A_R = \sqrt{A_r^2 + A_t^2} = \sqrt{(1820 \text{ N})^2 + (2149 \text{ N})^2} = \underline{\underline{2817 \text{ N}}} \quad \text{③} \quad A_a = 822 \text{ N}$$

$$B_R = \sqrt{B_r^2 + B_t^2} = \sqrt{2905^2 + 5014^2} \text{ N} = \underline{\underline{5795 \text{ N}}} \quad \text{③} \quad B_a = 0 \quad \text{③}$$

c) Das Loslager B ist klar höher belastet! $F = B = 5795 \text{ N}$ ①

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{F} \right)^p \quad \text{für Kugellager ist } p = 3$$

B

Punkte
 $\Sigma = 12/10$ 3. Festigkeitsrechnung

max. 17 Punkte

Hinweis: Falls Sie Punkt 1 nicht gelöst haben, rechnen Sie mit $T = 200 \text{ Nm}$ (ruhend) weiter.

Die Vorspannkraft der Schraube betrage $F_V = 15\,000 \text{ N}$. Die Hohlwelle (4) ist am gefährdeten Querschnitt des Wellenabsatzes mit folgenden Daten nachzurechnen:

Wellenwerkstoff: C 45 (Vergütungsstahl)
 Oberfläche: geschliffen, $R_t = 8 \mu\text{m}$
 Durchmesserverhältnis: $D/d = 30 \text{ mm} / 28 \text{ mm}$
 Innendurchmesser: $d_i = 14 \text{ mm}$
 Kerbradius: $r = \rho = 1 \text{ mm}$

Wie groß ist die Ausnutzung der Welle bei einer Sollsicherheit von $v_D = 1,5$?

 Berechnung
 H: 84
 Hb: 43%
 U: 34%

Fortsetzung

Vergleichsspannungen: GH

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma_{dmax}^2 + 3 \tau_{tmax}^2} = \sqrt{72,0^2 + 3 \cdot 88,4^2} \text{ N/mm}^2 = \underline{169,2 \text{ N/mm}^2} \quad (1)$$

$$\sigma_{va} = \sigma_{bmax} = \underline{132,1 \text{ N/mm}^2} \quad (1)$$

Halbwinkel $\phi \approx 35 \text{ mm}$. $\lambda_{CD} = 0,9$ (vorgeschnitten) (1)

Hauptbeanspruchung Biegung: $C_{ok} = C_0 + (1 - C_0) \left(\frac{K_{th} - 1}{d_{th}} \right)^2$

C45: $R_m \approx 655 + 805 \text{ N/mm}^2$, $R_t = 8 \mu\text{m}$ $\lambda_{Co} = 0,85$

$$C_{ok} = 0,85 + 0,15 \left(\frac{0,9}{1,3} \right)^2 = \underline{0,88} \quad (1)$$

$$\chi = \frac{4}{D+d} + \frac{2}{s} = \frac{4}{30+28} + \frac{2}{1} = \underline{2,07 \text{ 1/mm}}$$

$$R_{eff} \approx 410 \text{ N/mm}^2, \quad u_{\chi} = \underline{1,22} \quad (1)$$

$$G_A = 420 - 170 = \underline{250 \text{ N/mm}^2} \quad (1)$$

$$K_w = C_D \cdot C_{ok} \cdot u_{\chi} \cdot G_A = 0,9 \cdot 0,88 \cdot 1,22 \cdot 250 \text{ N/mm}^2 = \underline{242 \text{ N/mm}^2} \quad (1)$$

$$A^d = \frac{\sigma_{va} \cdot v_D}{K_w} = \frac{132 \cdot 1,5}{242} = \underline{82\%} \quad (1)$$

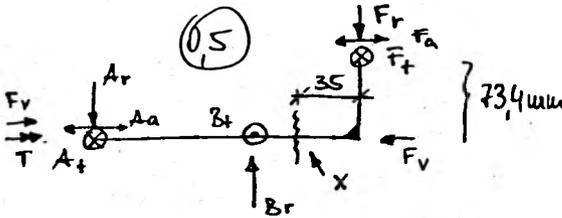
Festigkeitswellen

Datum
24.9.84

3. Festigkeitsrechnung

17 Punkte

Beanspruchung: Druck, Torsion ruhend; Schub, Biegung wechselnd (1)



$$M_{br}^{(x)} = F_r \cdot 35 + F_a \cdot 73,4$$

$$= 1085 \text{ N} \cdot 35 \text{ mm} + 822 \text{ N} \cdot 73,4 \text{ mm}$$

$$= \underline{\underline{98\,310 \text{ Nmm}}} \quad (0,5)$$

$$M_{bt}^{(x)} = F_t \cdot 35 = 2865 \cdot 35 \text{ Nmm}$$

$$= \underline{\underline{100\,275 \text{ Nmm}}} \quad (0,5)$$

$$M_b^{(x)} = \sqrt{M_{br}^{(x)2} + M_{bt}^{(x)2}}$$

$$= \sqrt{98\,310^2 + 100\,275^2} \text{ Nmm} = \underline{\underline{140\,428 \text{ Nmm}}} \quad (0,5)$$

Nennspannungen:

$$\sigma_d = \frac{N}{A} = \frac{F_v + F_a}{\frac{\pi}{4}(d^2 - d_i^2)} = \frac{15980 \text{ N} + 822 \text{ N}}{\frac{\pi}{4}(28^2 - 14^2) \text{ mm}^2} = \underline{\underline{34,3 \text{ N/mm}^2}} \quad (1)$$

$$\tau_s = \frac{Q}{A} = \frac{F_{t+}}{\frac{\pi}{4}(d^2 - d_i^2)} = \frac{3064 \text{ N}}{\frac{\pi}{4}(28^2 - 14^2) \text{ mm}^2} = \underline{\underline{6,6 \text{ N/mm}^2}} \quad (1)$$

$$G_b = \frac{M_b}{W_b}; \quad W_b = \frac{\pi}{32} \left(\frac{d^4 - d_i^4}{d} \right) = \frac{\pi}{32} \left(\frac{28^4 - 14^4}{28} \right) \text{ mm}^3 = \underline{\underline{2020 \text{ mm}^3}}$$

$$\sigma_b = \frac{140\,428 \text{ Nmm}}{2020 \text{ mm}^3} = \underline{\underline{69,5 \text{ N/mm}^2}} \quad (1)$$

$$\tau_t = \frac{T}{W_t}; \quad W_t = 2W_b = \underline{\underline{4041 \text{ mm}^3}}$$

$$\tau_t = \frac{210\,180 \text{ Nmm}}{4041 \text{ mm}^3} = \underline{\underline{52,0 \text{ N/mm}^2}} \quad (1)$$

Kerbwirkung: $r/d = 30/28 = 1,07$; $\lambda/d = 1/28 = 0,036$ (0,5)

Druck: $\alpha_{kd} = \alpha_{ke} = 2,1$ $G_{dmax} = \alpha_{kd} \cdot \sigma_d = 2,1 \cdot 34,3 = 72,0 \text{ N/mm}^2$ (0,5)

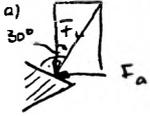
Biegung: $\alpha_{kb} = 1,9$ $G_{bmax} = \alpha_{kb} \cdot \sigma_b = 1,9 \cdot 69,5 = 132,1 \text{ N/mm}^2$ (0,5)

Torsion: $\alpha_{kt} = 1,7$ $\tau_{tmax} = \alpha_{kt} \cdot \tau_t = 1,7 \cdot 52,0 = 88,4 \text{ N/mm}^2$

Schub: vernachlässigt, $\tau_s = 0!$ (0,5)

4. Schraubenberechnung

a)



$$F_u = \frac{T}{r_m} = \frac{2T}{\frac{1}{2}(D+d)} = \frac{4 \cdot 210100 \text{ Nmm}}{(100+75) \text{ mm}} = 4802 \text{ N}$$

$$F_a = F_u \cdot \tan 30^\circ = 4802 \text{ N} \cdot \tan 30^\circ = 2773 \text{ N}$$

$$F_A = 3 \cdot F_a = 8319 \text{ N} = F_{\text{verf}} \quad (2)$$

b) $F_{H_{\text{max}}} = F_{H_{\text{min}}} \cdot \kappa_A$; $\bar{F}_H = \frac{1}{2} (F_{H_{\text{min}}} + F_{H_{\text{max}}})$

$$\downarrow F_{H_{\text{min}}} = \frac{2}{1+\kappa_A} \cdot \bar{F}_H = \frac{2}{1+1,8} \cdot 15000 \text{ N} = 10714 \text{ N} \quad (1)$$

$$F_{H_{\text{max}}} = 10714 \text{ N} \cdot 1,8 = 19286 \text{ N} \quad (1)$$

$$T_A = F_A (r_2 \cdot \tan(\alpha + s') + r_A \cdot \mu)$$

$$F_A = \bar{F}_H ; s' = \arctan\left(\frac{\mu}{\cos \alpha/2}\right) = \arctan\left(\frac{0,14}{\cos 30^\circ}\right) = 9,18^\circ$$

$$r_A = \frac{1}{2} \left(\frac{D_A + D_B}{2} \right) = \frac{1}{4} (18 + 14) \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

$$T_A = 15000 \text{ N} \left(\frac{10,863}{2} \cdot \tan(2,94^\circ + 9,18^\circ) + 8 \cdot 0,14 \right) \text{ mm} = 34,3 \text{ Nm} \quad (2)$$

c) Vergleichsspannung im Schaft, $\sigma_v = \sqrt{\sigma_z^2 + 3\tau_z^2}$

$$\sigma_z = \frac{\bar{F}_H}{A_T} = \frac{15000 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot (9 \text{ mm})^2} = 236 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

$$\tau_z = \bar{F}_H \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + s') \quad \text{ohne Koeffizient!}$$

$$= 15000 \text{ N} \cdot \frac{10,863 \text{ mm}}{2} \cdot \tan(2,94^\circ + 9,18^\circ) = 17,5 \text{ Nm} \quad (1)$$

$$\tau_t = \frac{T_G}{W_t} = \frac{17500 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} \cdot (9 \text{ mm})^3} = 123 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

$$\sigma_v = \sqrt{236^2 + 3 \cdot 123^2} = 318 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{zul}} = R_{p0,2} / \nu_F = 0,8 \cdot 800 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 427 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

$$A^* = \frac{\sigma_v}{\sigma_{\text{zul}}} = \frac{318}{427} = 74 \% \quad (1)$$

d) $\delta_s = \frac{1}{E} \sum \frac{F_i}{A_i} = \frac{1}{E} \left(2 \cdot \frac{0,4d}{\frac{\pi}{4}d^2} + \frac{l-l_0}{\frac{\pi}{4}d^2} + \frac{l_0-l}{\frac{\pi}{4}d_3^2} \right)$

$$= \frac{1}{2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2} \left(2 \cdot \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 12}{\pi \cdot 12^2} + \frac{165-27}{\frac{\pi}{4} \cdot 9^2} + \frac{27-15}{\frac{\pi}{4} \cdot 9,853^2} \right) \frac{\text{mm}}{\text{mm}} = 1,15 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \quad (2)$$

$$e) \quad \delta F = \frac{1}{E} \sum \frac{F_i}{A_i} \quad l_1 = l - x, \quad A_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad x = 45 \text{ mm}$$

$$l_2 = x, \quad A_2 = \frac{\pi}{4} \left[\left(d_k + \frac{l_k}{10} \right)^2 - D_B^2 \right] \quad l_k = l - t$$

$$\delta F = \frac{1}{2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{(165 - 45) \text{ mm}}{\frac{\pi}{4} (29^2 - 14^2) \text{ mm}^2} + \frac{45 \text{ mm}}{\frac{\pi}{4} \left[\left(18 + \frac{165 - 45}{10} \right)^2 - 14^2 \right] \text{ mm}^2} \right) = \underline{\underline{1,43 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}}} \quad (2)$$

$$f) \quad \phi = \frac{\delta F}{\delta s + \delta F} = \frac{1,15}{12,6 + 1,15} = \underline{\underline{0,084}} \quad (1)$$

Setzen: Tab. 1 Vorlesung HE: Kopf 2 μm, 3 Teil. à 2 μm, Gewinde 5 μm

$$s = 2 + 3 \cdot 2 + 5 = \underline{\underline{13 \mu\text{m}}} \quad (1)$$

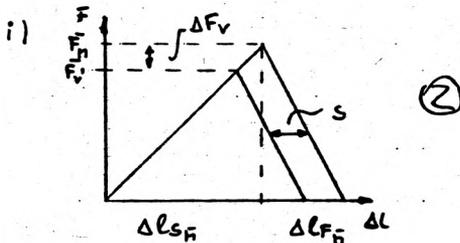
$$\Delta F_V = \frac{s}{\delta F + \delta s} = \frac{0,013 \text{ mm}}{(12,6 + 1,15) \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = \underline{\underline{946 \text{ N}}} \quad (1)$$

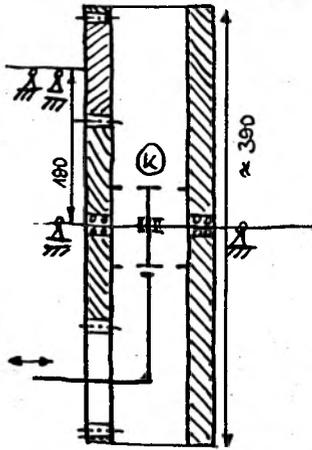
$$g) \quad F'_{V \min} = \bar{F}'_V \cdot \frac{z}{1 + \nu_A} < j; \quad \bar{F}'_V = \bar{F}_H - \Delta F_V = 15980 \text{ N} - 946 \text{ N} = \underline{\underline{14034 \text{ N}}} \quad (1)$$

$$F'_{V \min} = 14034 \text{ N} \cdot \frac{z}{z,8} = \underline{\underline{10038 \text{ N}}} > F_{\text{vert}}! \quad (1)$$

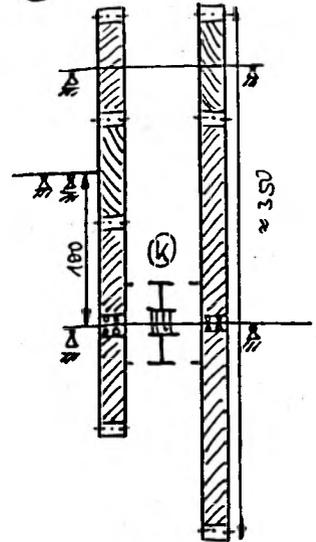
$$h) \quad \Delta l_{s_{\bar{V}'}} = \delta s \cdot \bar{F}'_V = 1,26 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 14034 \text{ N} = \underline{\underline{0,177 \text{ mm}}} \quad (1)$$

$$\Delta l_{F_{\bar{V}'}} = \delta F \cdot \bar{F}'_V = 1,15 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 14034 \text{ N} = \underline{\underline{0,016 \text{ mm}}} \quad (1)$$





Hohlradstufe



stirrad-Wendstufe

Überschlagsrechnungen:

$d_{w1} = 30 \text{ mm}$; $d \sim \sqrt[3]{T}$; $T_{ab} = T_{an} \cdot i$

$\frac{1}{2} d_{w2} = d_{w1} \cdot \sqrt[3]{i_{max}} = 30 \cdot \sqrt[3]{4} \approx 48 \text{ mm}$ ①

Teillöse: $d = \frac{m_n z}{\cos \beta}$; $\frac{1}{\cos \beta} \approx 1,03$

$d_1 = \frac{4 \text{ mm} \cdot 16}{\cos 15^\circ} \approx 1,03 \cdot 4 \cdot 16 \approx 66,3 \text{ mm}$ ①

$z_2 = z_1 \cdot i_I = 16 \cdot 2 = 32$

$d_2 = 1,03 \cdot 4 \cdot 32 \approx 132,5 \text{ mm}$ ①

$z_3 = z_1 \cdot i_{II} = 16 \cdot 4 = 64$

$d_3 = 1,03 \cdot 4 \cdot 64 \approx 265 \text{ mm}$ ①

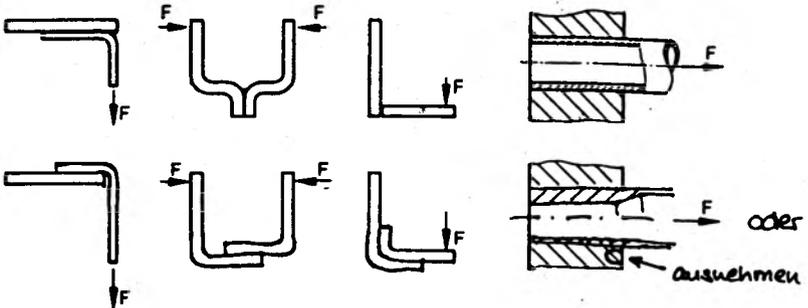
$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{2}(d_1 + d_2) = \frac{1}{2} \cdot 198,8 \\ = 99,4 \approx a \checkmark \text{ ①} \\ \frac{1}{2}(d_1 - d_3) = \frac{1}{2}(-198,7) \\ = -99,4 \approx a \checkmark \end{array} \right\}$$

Bewertung: Funktion klar, Darstellung vollständig, eindeutig: volle Punktzahl
 Funktionsträger vorhanden, angedeutet: halbe Punktzahl
 Darstellung unklar, nicht bewertbar: 0 Punkte
 falsche Anordnung bzw. Darstellung: einfacher Punktabzug
 Anordnung / Darstellung grob falsch: doppelter Punktabzug

1. Aufgabe

2 Punkte

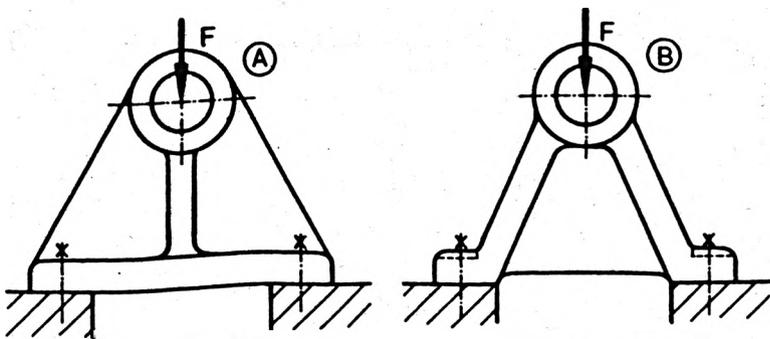
Die dargestellten Klebeverbindungen sind nicht festigungsgerecht gestaltet. Skizzieren Sie in der unteren, unvollständigen Darstellung, geeignete Klebeverbindungen!



2. Aufgabe

2 Punkte

Welche der zwei dargestellten Gußkonstruktionen (GG) eines Lagerbockes stellt die kraftflußgerechte Lösung dar? Begründung!



B, günstiger kraftfluß durch Rippen kurz und direkt in Fundament (Druck keine Biegung)

3. Aufgabe

3 Punkte

Nennen Sie die drei Festigkeitshypothesen! Bei welchen Versagensarten und Werkstoffgruppen (Eigenschaft) werden sie verwendet?

Name d. Hypothese	Versagensart	Werkstoffgruppe (Eigenschaft)
Normalsphyp. NH	Trennbruch unter Nor- malspannung	spröder WK
Schubsp.hyp. SH	Gleitbruch unter Schub- spannung	duktiler WK
Gestaltänderungs- energiehyp. GH	Fließen, Gleitbruch	duktiler WK

4. Aufgabe

3 Punkte

Im Rahmen des Festigkeitsnachweises wird eine Sollsicherheit festgelegt. Nennen Sie mindestens drei Gründe für die Wahl dieser Sollsicherheit!

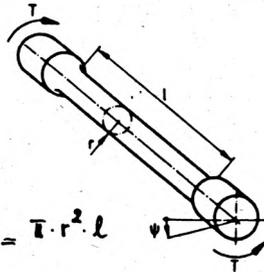
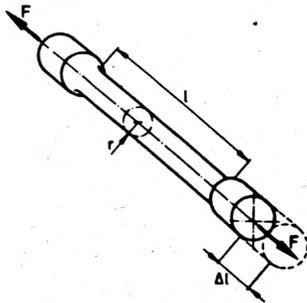
- Unsicherheiten i.d. Lastannahmen
- Voraussetzungen d. elementaren Rechnung i.d. Praxis nicht immer erfüllt
- inhomogener Werkstoff
- Art und Folgen d. Versagens

5. Aufgabe

6 Punkte

Leiten Sie formelmäßig das Arbeitsvermögen für die dargestellten Federn (Zugstab und Drehstab) in Abhängigkeit vom Volumen und den Werkstoffkennwerten σ_{zul} , τ_{zul} und E, G ab!

Hilfe: $\psi = \frac{T \cdot l}{G \cdot I_p} = \frac{\tau_{zul} \cdot l}{G \cdot r}$



$V = A \cdot l = \pi \cdot r^2 \cdot l$

$W = \frac{1}{2} F \cdot \Delta l$

$F = \sigma_{zul} \cdot A$

$\Delta l = \frac{F \cdot l}{EA} = \frac{\sigma_{zul} \cdot l}{E}$

$\Rightarrow W = \frac{1}{2} \frac{\sigma_{zul}^2 \cdot A \cdot l}{E}$

$W = \frac{1}{2} \frac{\sigma_{zul}^2 \cdot V}{E}$

$W = \frac{1}{2} T \cdot \psi$

$T = \tau_{zul} \cdot W_p$ mit der o.a. Hilfe

$\Rightarrow W = \frac{1}{2} \tau_{zul}^2 \cdot W_p \cdot \frac{l}{G \cdot r}$; $W_p = \frac{\pi r^3}{2}$

$W = \frac{1}{4} \frac{\tau_{zul}^2 \cdot V}{G}$

Welche Bauart hat das größere Arbeitsvermögen pro Volumen? Begründen Sie Ihre Aussage!

der Zugstab, da alle Werkstoffteilchen gleichmäßig beansprucht werden

(Beweis nicht verlangt!)

$G = \frac{3}{8} E$; $\tau_{zul} = \sigma_{zul} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$ $\Rightarrow W_{Zugst} \approx 2 \cdot W_{Drehst}$

6. Aufgabe

3 Punkte

Wodurch sind die Drehzahlgrenzen für Wälzlager gegeben ?

Erwärmung

Frühkräfte

Geräusche

7. Aufgabe

2 Punkte

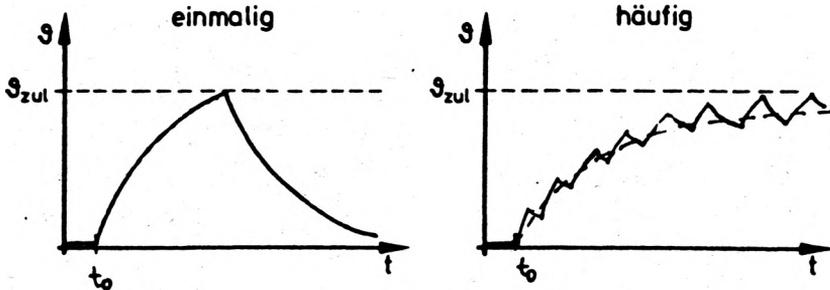
Ein Kugellager wird durch ein größeres Lager gleicher Bauart ersetzt. Um welchen Faktor ändert sich die Lebensdauer (L_h), wenn das größere Lager die doppelte Tragzahl (C) hat (zahlen- und formelmäßige Angabe)?

$$L_h = \left(\frac{C}{F}\right)^p ; p = 3$$
$$\frac{L_{h2}}{L_{h1}} = \frac{\left(\frac{C_2}{F}\right)^p}{\left(\frac{C_1}{F}\right)^p} = \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^p = 2^3 = 8$$

8. Aufgabe

2 Punkte

Skizzieren Sie in den vorbereiteten Temperatur-Zeit-Diagrammen die Verläufe der Temperatur für einmalig (Einzelschaltbetrieb) und häufig (Dauerschaltbetrieb) geschaltete Kupplungen!

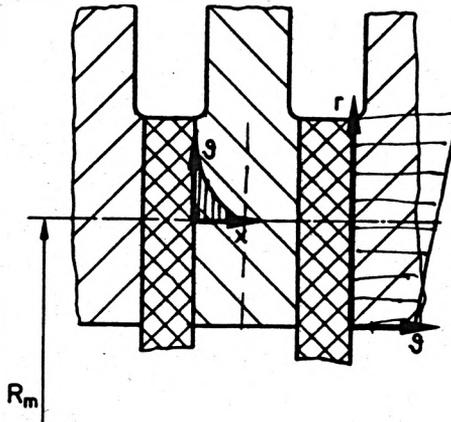


t_0 ggf. auch im Ursprung

9. Aufgabe

2 Punkte

Skizzieren Sie die Temperaturverteilung in einer dickwandigen Außenlamelle zum Zeitpunkt des Temperaturmaximums bei einmaliger Schaltung. Stellen Sie sowohl den Verlauf in Richtung x (Lamellendicke), als auch den Verlauf über dem Radius r dar! Benutzen Sie das vorbereitete Schaubild!



10. Aufgabe

4 Punkte

Kennzeichnen Sie im folgenden Schema die Eigenschaften der Kupplungen!

Verwenden Sie folgende Symbole:

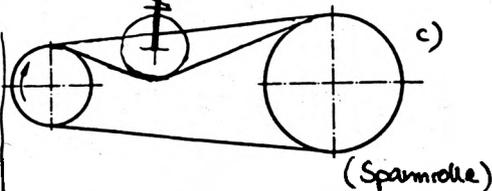
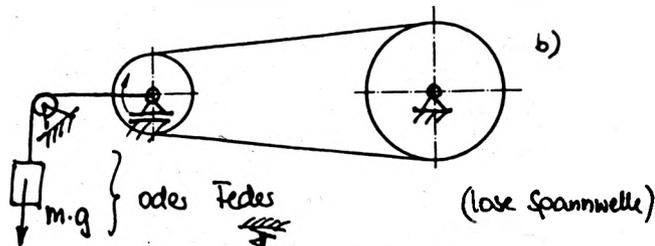
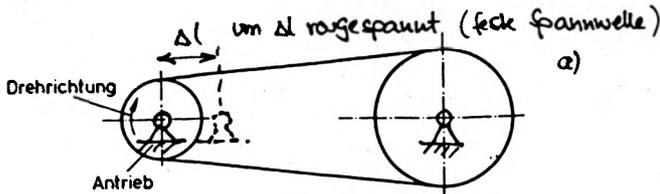
- Eigenschaft vorhanden "+"
- Eigenschaft nicht vorhanden "-"

Kupplungstyp (Baust.)	möglicher Versatz			dreh- elastisch
	axial	radial	winkel	
Zahnkupplung	+	+	+	-
Elastische Kupplung	+	+	+	+
Gelenkwelle mit verschiebl. Mittelstk.	+	+	+	-
Kreuzscheibenkupplung	-	+	-	-

11. Aufgabe

6 Punkte

Skizzieren Sie drei Möglichkeiten um den dargestellten Riementrieb vorspannen (Aufbringen der Achskraft) zu können! Verwenden Sie die vorbereiteten Bilder! Beachten Sie dabei die korrekte Anordnung der Spannelemente!



gilt auch selbstspannender Riementrieb, (Seppa) und Schwing

auf richtige Anordnung achten (Leertrommel)

Bei welcher Bauform wird, bei sonst gleichen Bedingungen, die geringste Achskraft benötigt? Begründen Sie Ihre Aussage!

c) Spannrolle, größerer Umschlingungswinkel, kein Fliehkrafteinfluß

alternativ (falls c) nicht dargestellt)

b) kein Fliehkrafteinfluß

12. Aufgabe

3 Punkte

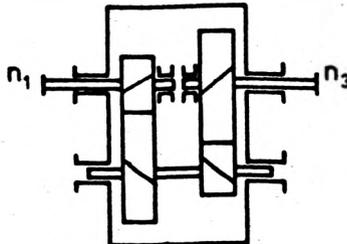
Nennen Sie drei mögliche Versagensursachen und deren Erscheinungsformen bei Verzahnungen!

	Versagensursache	Erscheinungsform
Überschreiten der	Zahnfußfestigkeit	Zahnbruch
Überschreiten der	Zahnflankenfestigkeit	Pitting
Überschreiten der	Freiastgrenze	Freiastverschleiß, Erwärmung

13. Aufgabe

2 Punkte

Ergänzen Sie in der Skizze die Schrägungsrichtungen der Verzahnungen, so daß sich für die Lager der Zwischenwelle die geringste Belastung ergibt!



Trommellagerung einer Waschmaschine

60 Punkte

Die in Bild 1 dargestellte Lagerung einer Haushalts-Waschmaschine ist für den Waschvorgang nachzurechnen!

Das Bild 1 befindet sich am Ende der Unterlagen; das Blatt darf zur Bearbeitung der Aufgaben abgetrennt werden, muß aber mit den Unterlagen abgegeben werden!

Der Antrieb der Trommel (5) erfolgt über die am linken Ende der waagerechten Antriebswelle (2) aufgesetzte Riemenscheibe (1). Die Übertragung des Drehmomentes in die Trommel geschieht über die Verschraubung (6) auf den an die Trommel angeschweißten Flanschring (4).

Die Welle wird in dem Lagerschild (3) durch zwei Rillenkugellager abgestützt.

Die Belastung der Welle setzt sich aus dem Eigengewicht der Trommel, dem Gewicht der nassen Wäsche sowie der Achskraft aus der Riemenvorspannung zusammen. Die resultierende Achskraft wirkt an der Riemenscheibe senkrecht nach unten.

1 Wellenberechnung

28 Punkte

Die nasse Wäsche wird durch 3 innen am Umfang der Trommel angebrachte Stege mitgenommen und umgewälzt (vgl. Bild 2).

Für die Berechnung ist davon auszugehen, daß die Wäsche vom tiefsten Punkt der Trommel bis auf die Höhe der Wellenachse um den Drehwinkel von 90° angehoben wird, um dann an der Trommelwandung abzurollen und am tiefsten Punkt vom folgenden Steg erneut mitgenommen zu werden.

Dieser Lastverlauf wird als harmonisch angenommen. Die Masse der Wäsche ist als Punktlast am Trommeldurchmesser angreifend anzunehmen. Das daraus resultierende Drehmoment T ist bereits qualitativ dargestellt (vgl. Bild 2).

Rechnen Sie bei der Erdbeschleunigung mit dem angenäherten Wert von $g = 10 \text{ m/s}^2$!

Gegebene Daten:

Masse der Trommel $m_{Tr} = 8 \text{ kg}$
 Masse der nassen Wäsche $m_W = 17 \text{ kg}$
 Durchmesser der Trommel $d_{Tr} = 700 \text{ mm}$
 Achskraft aus der Riemenspannung $F_A = 200 \text{ N}$

Werkstoff von Welle, Flanschring und Trommel: X8Cr17
 Streckgrenze $R_{eH} = 270 \text{ N/mm}^2$
 Zugfestigkeit $R_m = 500 \text{ N/mm}^2$
 Rauhtiefe $R_z = 10 \text{ } \mu\text{m}$ (geschliffen)

1.1 Stellen Sie den Verlauf der Wellenbelastung durch das Biegemoment über dem Drehwinkel einer Wellenumdrehung für die Stelle der höchsten Beanspruchung im gefährdeten Querschnitt I-I (vgl. Bild 1) in dem unten vorbereiteten Diagramm (Bild 2) qualitativ dar!

1.2 Berechnen Sie die Lagerkräfte in den Wälzlagern, und stellen Sie den Verlauf der Schnittgrößen über der Antriebswelle dar!

1.3 Führen Sie für den gefährdeten Wellenabsatz den Festigkeitsnachweis durch! Die Ausnutzung ist für eine Sicherheit gegen Dauerbruch von $\nu_D = 2$ zu ermitteln! Der Übergangsradius am Wellenabsatz beträgt $r = \varnothing = 1 \text{ mm}$, der Wellenrohling ist geschmiedet.

Rechnen Sie mit folgenden Formzahlen: $\alpha_{kb} = 1,85$
 $\alpha_{kt} = 1,65$

Falls Sie die Aufgabe 1.2 nicht gelöst haben, rechnen Sie mit folgenden radialen Lagerkräften weiter:

$A_r = 600 \text{ N}$
 $B_r = 1000 \text{ N}$

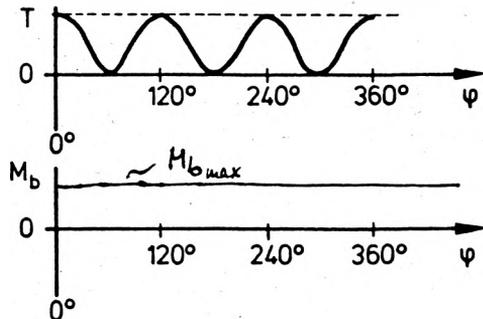
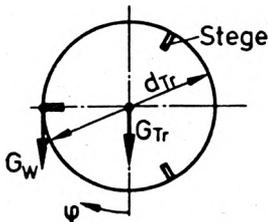


Bild 2

2 Schraubenberechnung

24 Punkte

Der Flanschring (4) ist mit der Welle (2) über 4 Zylinderschrauben M6 mit Gewinde annähernd bis Kopf und Werkstoff entsprechend der Festigkeitsklasse 8.8 verbunden. Für diese Verschraubung ist der Festigkeitsnachweis zu führen unter der Voraussetzung, daß an der Einspannstelle eine lineare Kraftverteilung resultierend aus dem Einspannmoment vorliegt (Bild 3).

Daten der verwendeten Schrauben:

Nenndurchmesser	$d = 6$	mm
Kerndurchmesser	$d_3 = 4,773$	mm
Flankendurchmesser	$d_2 = 5,35$	mm
Kopfdurchmesser	$d_K = 10$	mm
Steigungswinkel	$\alpha = 3,4^\circ$	
Elastizitätsmodul	$E_S = E_F = 210000$	N/mm ²
Nachgiebigkeit Schraube	$\delta_S = 3 \cdot 10^{-6}$	mm/N
Nachgiebigkeit Flansch	$\delta_F = 7,5 \cdot 10^{-7}$	mm/N
Gesamter Setzbetrag	$s_{ges} = 3 \cdot 10^{-3}$	mm

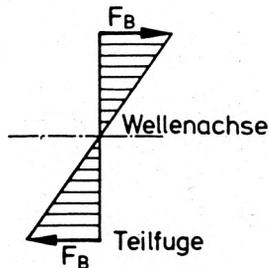


Bild 3: Lineare Kraftverteilung in der Teilfluge

- 2.1 Berechnen Sie die obere und untere Betriebskraft für eine Schraube.
- 2.2 Berechnen Sie die minimal erforderliche Klemmkraft für eine Schraube. Der Reibwert in der Trennfluge beträgt $\mu_H = 0,2$.
- 2.3 Berechnen Sie das Kraftverhältnis ϕ .
- 2.4 Berechnen Sie die minimal erforderliche Vorspannkraft sowie die maximale Montagekraft, wenn ein Anziehfaktor von $\alpha_A = 1,6$ zugrunde gelegt wird.
- 2.5 Berechnen Sie das erforderliche Anzugsdrehmoment, wenn ein Reibbeiwert an Kopf und Gewinde von $\mu = 0,12$ angenommen wird.
- 2.6 Berechnen Sie die Ausnutzung der Festigkeit im vorgespannten Zustand (Beanspruchung beim Anziehen) bei einer Sicherheit gegen Fließen von $\nu_F = 1,1$.
- 2.7 Berechnen Sie die Ausnutzung der Ausschlagsspannung im Betriebszustand bei einer Sicherheit gegen Dauerbruch von $\nu_D = 1,5$.

3 Schweißnahtberechnung

8 Punkte

Für die Schweißnaht zwischen der Trommel (5) und dem Flansching (4) ist der Festigkeitsnachweis zu führen.

- 3.1 Bestimmen Sie die Schnittgrößen in der Schweißnaht!
- 3.2 Berechnen Sie die Normal- und Schubspannungen in der Schweißnaht!
- 3.3 Bestimmen Sie den ruhenden und den wechselnden Anteil der Vergleichsspannung!
- 3.4 Ermitteln Sie die zulässige Nennspannung für die Schweißnaht nach Bild ME 8328 (Fall F) und daraus die Ausnutzung der Festigkeit der Verbindung!
Gehen Sie dabei von der Annahme aus, daß das Festigkeitsverhalten des Werkstoffes dem von St37 entspricht!

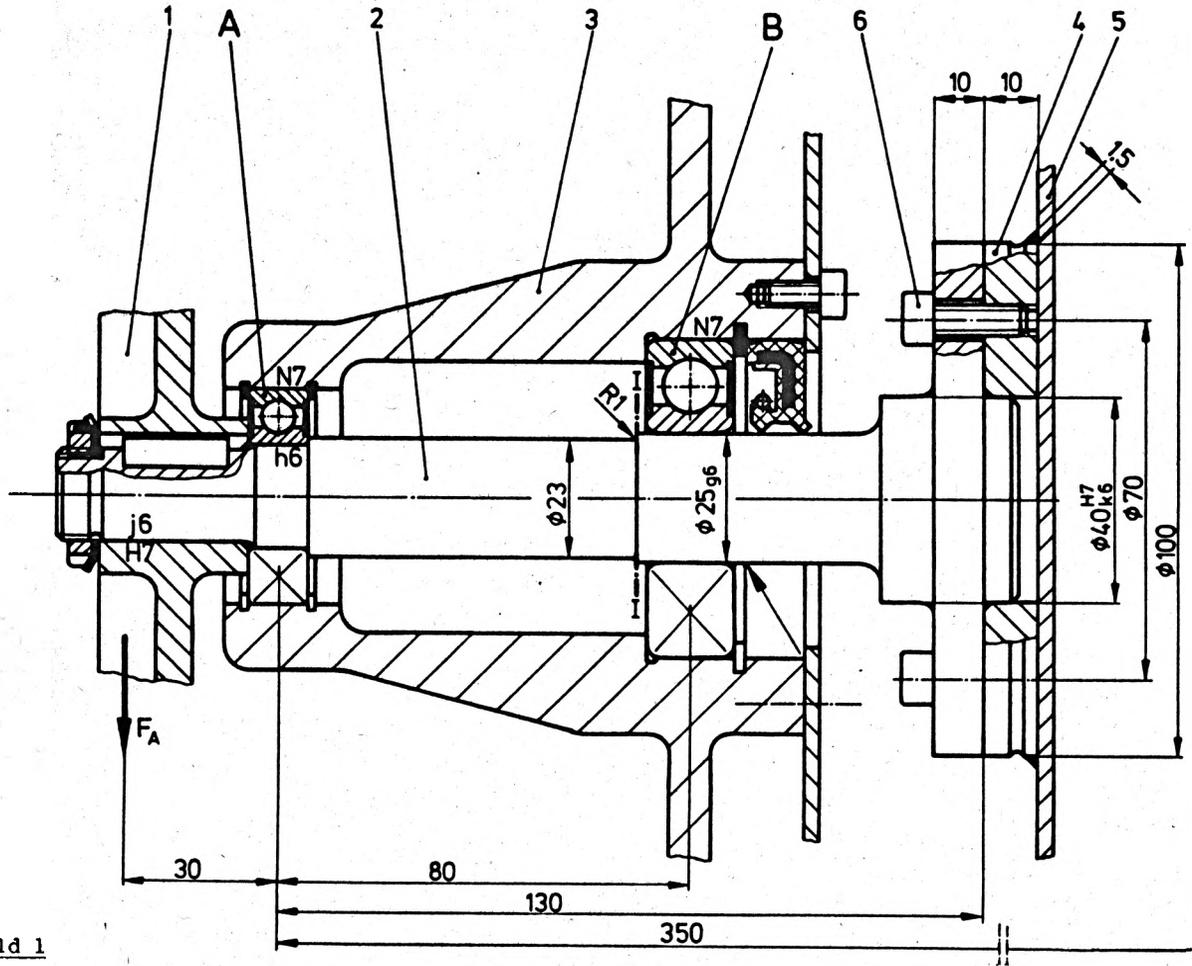


Bild 1

VC-Berechnung

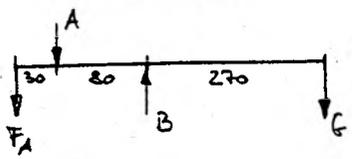
$\phi 70$

G

1.2 $G = m \cdot g$, $G_{Tr} = m_{Tr} \cdot g = 8 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 80 \text{ N}$
 $G_W = m_W \cdot g = 17 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 170 \text{ N}$
 $G = G_{Tr} + G_W = (80 + 170) \text{ N} = 250 \text{ N}$
 $T_{max} = G_W \cdot d_{Tr/2} = 170 \text{ N} \cdot \frac{700 \text{ mm}}{2} = 59,5 \text{ Nm}$
 $M_{bmax} = G \cdot l = 250 \text{ N} \cdot (350 - 80) \text{ mm} = 67,5 \text{ Nm}$

C-Berechnung

Lagerreaktionen



$$\sum \bar{A}: F_A \cdot 30 + B \cdot 80 - G \cdot 350 = 0$$

$$B = \frac{G \cdot 350 - F_A \cdot 30}{80} = \frac{250 \cdot 350 - 200 \cdot 30}{80}$$

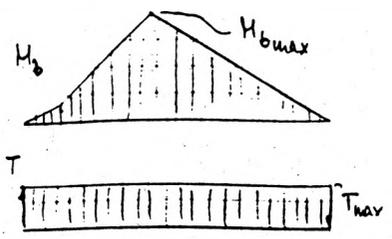
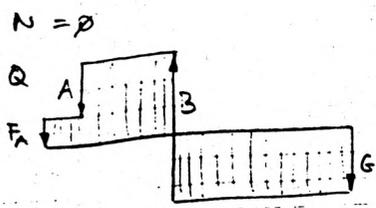
$$B = 1020 \text{ N}$$

$$\sum \bar{B}: F_A \cdot 110 + A \cdot 80 - G \cdot 270 = 0$$

$$A = \frac{G \cdot 270 - F_A \cdot 110}{80} = \frac{250 \cdot 270 - 200 \cdot 110}{80} = 570 \text{ N}$$

($F_A + A - B - G = 200 + 570 - 1020 - 250 = 0 \checkmark$)

Schnittgrößen



1.3 Geometrie: $A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 23^2 \text{ mm}^2 = 415 \text{ mm}^2$
 $W_b = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi}{32} \cdot 23^3 \text{ mm}^3 = 1194 \text{ mm}^3$; $W_t = 2W_b = 2388 \text{ mm}^3$
 $\alpha = \frac{4}{\pi d} + \frac{2}{d} = \left(\frac{4}{23 \cdot \pi} + \frac{2}{23} \right) \frac{1}{\text{mm}} = 2,08$; $R_{ext} = 270 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (austereitisch)

$n \alpha \approx 1,48$

Schnittgrößen am sel. Querschnitt;
 (mit M_{bmax} in jeder Stelle gerechnet!)

$N = 0$
 $Q = B - G = (1020 - 250) \text{ N} = 770 \text{ N}$
 $M_b \approx M_{bmax} = 67,5 \text{ Nm}$
 $T = T_{max} = 59,5 \text{ Nm}$

Die Belastung aus der Torsion ist schwächer, die Belastung durch das konstante Biegemoment ist weitaus stärker (Konturbiegung)!

Spannungen (/ N/mm ²)	Nenn- ausschlag		maximal ausschlag	
	mittel		mittel	
σ_z	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset
σ_b	\emptyset	50,5	\emptyset	104,5
τ_s	\emptyset	1,9	≈ 0	≈ 0
τ_t	12,5	12,5	20,6	20,6
σ_v	/	/	35,6	110,4

$C_D = 1$ bzw. 0,98 (beide Werte zulässig, da Schmiedeteil!)

$C_O = 0,88 \rightarrow C_{OK} = 0,88 + 0,12 \cdot \left(\frac{0,85}{1,85}\right)^2 = 0,91$

σ_A ($G_m = 35 \text{ N/mm}^2$) $\approx (225 - 35) \text{ N/mm}^2 = 190 \text{ N/mm}^2$

$k_w = C_D \cdot C_{OK} \cdot n_x \cdot \sigma_A = 0,98 \cdot 0,91 \cdot 1,48 \cdot 190 \text{ N/mm}^2 = 251 \text{ N/mm}^2$

$A^* = \frac{v_D \cdot \sigma_{vka}}{k_w} = \frac{2 \cdot 110}{251} = 0,88 \hat{=} 88\%$

2.1 $F_g \cdot h = F_B \cdot d_t \rightarrow F_B = \frac{F_g \cdot h}{d_t} = 250 \cdot \frac{220}{70} = 786 \text{ N}$

$F_g = m_v \cdot g + m_r \cdot g = (17 \text{ kg} + 8 \text{ kg}) \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 250 \text{ N}$

$F_{Bu} = -F_{Bo} = -786 \text{ N}$

2.2 $R = \mu_n \cdot N$; $R = \frac{F_T + F_a}{4}$, $N = F_{kerf}$

$F_T = \frac{T_{max}}{d_s z} = \frac{F_v \cdot d_t \cdot 4}{4 d_t} = 170 \text{ N} \cdot \frac{200}{70} = 1700 \text{ N}$. $F_a = F_g = 250 \text{ N}$

$\frac{F_T + F_a}{4} = \mu_n \cdot F_{kerf} \rightarrow F_{kerf} = \frac{F_T + F_a}{4 \cdot \mu_n} = \frac{(1700 + 250) \text{ N}}{4 \cdot 0,2} = 2437,5 \text{ N}$

2.3 $\emptyset = \frac{\delta_F}{\delta_s + \delta_F} = \frac{0,75}{3 + 0,75} = 0,2$

2.4 $F_{Vmin} = F_B(1 - \emptyset) + \Delta F_v + F_{kerf}$. $\Delta F_v = \frac{\delta_{ges}}{\delta_s + \delta_F} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ mm}}{3,75 \cdot 10^{-6} \text{ mm}} = 800 \text{ N}$

$\Rightarrow F_{Vmin} = 786 \text{ N}(1 - 0,2) + 800 \text{ N} + 2437,5 \text{ N} = 3866,3 \text{ N}$

$F_{Hmax} = \alpha_A \cdot F_{Vmin} = 1,6 \cdot 3866,3 \text{ N} = 6186 \text{ N}$

$$2.5 \quad T = F_{N_{max}} \frac{d_2}{2} \tan(\alpha + \rho') + F_{N_{max}} r_a \cdot \mu = T_G + T_A$$

$$\rho' = \arctg\left[\frac{\mu}{\cos(\alpha)}\right] = \arctg\left[\frac{0,12}{\cos 30^\circ}\right] = 7,9^\circ$$

$$T = (6186 \cdot \frac{5,35}{2} \tan(3,6^\circ + 7,9^\circ) + 6186 \cdot 0,12 \cdot 5) \text{ Nmm}$$

$$T = (3307 + 3712) \text{ Nmm} = 7018 \text{ Nmm}$$

$$2.6 \quad G_v = \sqrt{G_{F_v}^2 + 3T'^2}$$

$$G_{F_v} = \frac{F_{N_{max}}}{A_3} = \frac{6186 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (4,773 \text{ mm})^2} = 346 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$T' = \frac{T_G}{W_t} = \frac{3307 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} (4,773 \text{ mm})^3} = 155 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_v = \sqrt{(346)^2 + 3 \cdot (155)^2} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 438 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\boxed{A^*} = \frac{v_F \cdot G_v}{k_F} = \frac{1,1 \cdot 438}{640} = \boxed{0,75} \quad k_F \text{ aus:}$$

$$8,8 \hat{=} k_F = 0,8 \cdot 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$2.7 \quad G_a = \frac{F_{s_a}}{A_3}$$

$$F_{s_a} = \varnothing \cdot \frac{F_{B_0} - F_{B_a}}{2} = 0,2 \cdot \frac{786 \text{ N} - (-286) \text{ N}}{2} = 157 \text{ N}$$

$$G_a = \frac{157 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (4,473 \text{ mm})^2} = 8,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\boxed{A^*} = \frac{v_a \cdot G_a}{G_A} = \frac{15 \cdot 8,8}{60} = \boxed{0,22}$$

3.1 $G = 250 \text{ N}$, $l'' = (350 - 130 - 10) \text{ mm} = 210 \text{ mm}$

$M_b = G \cdot l'' = 250 \text{ N} \cdot 210 \text{ mm} = 52,5 \text{ Nm}$

$T_{\text{max}} = 59,5 \text{ Nm}$

3.2 $A \approx \pi \cdot d \cdot b = \pi \cdot 100 \cdot 1,5 \text{ mm}^2 = 471 \text{ mm}^2$

$W_b = \frac{\pi}{32} \left(\frac{(d+a)^4 - (d-a)^4}{(d+a)} \right) = \frac{\pi}{32} \frac{101,5^4 - 98,5^4}{101,5} \text{ mm}^3 \approx 11608 \text{ mm}^3$

$W_t = 2 \cdot W_b = 23219 \text{ mm}^3$

Spannungen: $\sigma_{II} = 0$

$\sigma = M_b / W_b = \frac{52500 \text{ Nmm}}{11608 \text{ mm}^3} = 4,5 \text{ N/mm}^2$ wechselnd!

$\tau = G / A = \frac{250 \text{ N}}{471 \text{ mm}^2} = 0,5 \text{ N/mm}^2$ wechselnd!

$\tau_{II} = T / W_t = \frac{59500 \text{ Nmm}}{23219 \text{ mm}^3} = 2,6 \text{ N/mm}^2$ schwellend!

3.3 $\alpha = 2$ (instationäre Beanspruchung) $\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \alpha \tau^2}$

$\sigma_{vm} = \sqrt{0 + 2 (\tau_0 / 2)^2} = \sqrt{2 \cdot 1,3^2} \text{ N/mm}^2 = 1,8 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{va} = \sqrt{4,5^2 + 2 (0,5 + 1,3)^2} = 5,2 \text{ N/mm}^2$

3.4 $G_{\text{Min}} / G_{\text{Max}} = \frac{\sigma_{vm} - \sigma_{va}}{\sigma_{vm} + \sigma_{va}} = \frac{1,8 - 5,2}{1,8 + 5,2} = -0,49$

Fall F: $G_{\text{Zul}} \approx 50 \text{ N/mm}^2$

$A^* = \frac{\sigma_{va}}{G_{\text{Zul}}} = \frac{5,2}{50} = 0,10 = 10\%$

IC-Berechnung

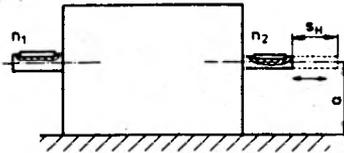
Konstruktiver Entwurf:

100 Punkte

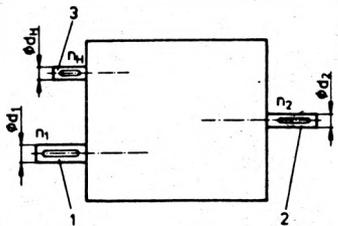
Getriebeeinheit für eine Spulenwickelmaschine

Für eine Spulenwickelmaschine, die durch Elektromotore angetrieben wird, ist eine Getriebeeinheit zu entwerfen.

Um ein gleichmäßiges Bewickeln des Spulenkörpers zu gewährleisten, wird die Spule, die sich mit der Drehzahl n_2 dreht, gleichzeitig mit der Hubfrequenz f_H um den Hubweg s_H hin und her bewegt.



Vorderansicht



Draufsicht

Der Antrieb für die Drehbewegung erfolgt am Wellenende 1 mit der Drehzahl n_1 , der Antrieb für die Hubbewegung erfolgt am Wellenende 3 mit der Drehzahl n_H . Die Wellenebene ist waagrecht.

Gegebene Daten:

$$\begin{aligned} n_1 &= 750 \text{ min}^{-1} \\ n_2 &= 3000 \text{ min}^{-1} \\ n_H &= f_H = 60 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_H &= 100 \text{ mm} \\ d_1 &= 30 \text{ mm} \\ d_2 &= 25 \text{ mm} \\ d_h &= 20 \text{ mm} \\ a &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

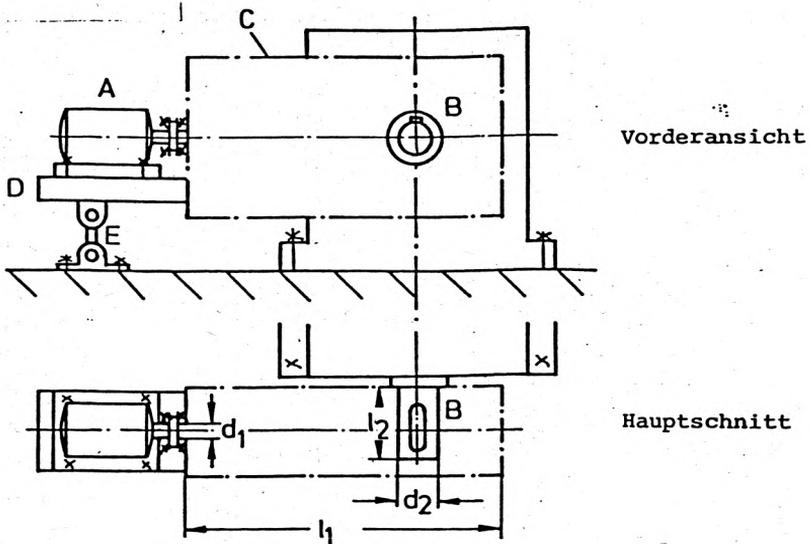
Grundlegende Forderungen:

- einfachen Aufbau anstreben
- minimalen Bauraum anstreben
- Drehmassen klein halten
- An- und Abtrieb über Normwellenenden mit Paßfederverbindungen vorsehen
- leichten Austausch von Verschleißteilen ermöglichen

Die Aufgabe umfaßt:

- Prinzipskizzen von mindestens zwei Varianten des grundsätzlichen Aufbaus der gesamten Einheit zur Auswahl der günstigsten Bauform
- die eindeutige und vollständige Darstellung des Getriebes im Maßstab 1:1
- die Angabe der Passungen sowie der Haupt- und Anschlußmaße

Aufgabe 1:



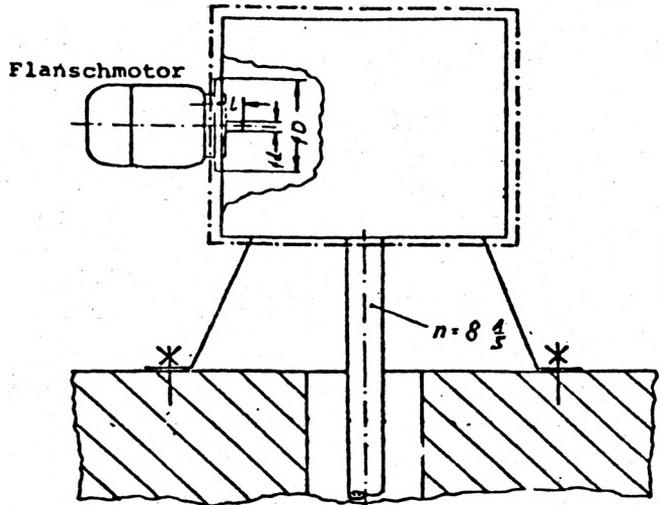
Auf das Wellenende einer schweren Arbeitsmaschine (B) soll ein Untersetzungsgetriebe aufgesteckt werden. Aus Platzgründen sollen Motor (A) und Getriebe (C) so angeordnet werden, daß die Motorachse rechtwinklig zu der des Wellenendes liegt. Der Motor soll über einen Träger (D) mit dem Getriebe verbunden werden, so daß sich beide nur auf das Wellenende der Arbeitsmaschine und auf eine Drehmomentstütze (E) abstützen. Wegen der erforderlichen Gesamtuntersetzung von $i = 40$ kann das Getriebe nicht mehr einstufig ausgeführt werden.

Konstruieren Sie das Getriebe (gestrichelt umrandete Zone) mit Träger und Drehmomentstütze, der Motor kann entfallen. Das Getriebe soll als Hauptschnitt entsprechend der unteren Skizze (siehe oben) dargestellt werden. Träger und Drehmomentstütze sind in einer Teilansicht zu ergänzen. Die angegebenen Maße sowie der Maßstab 1:1 sind annähernd einzuhalten.

Sich wiederholende Zonen brauchen nur einmal ausführlich dargestellt zu werden, die gewählten Anordnungen müssen aber eindeutig erkennbar sein!

- | | | |
|-------|-----------------------|------------------------|
| Maße: | $d_1 = 25 \text{ mm}$ | $l_1 = 650 \text{ mm}$ |
| | $d_2 = 80 \text{ mm}$ | $l_2 = 160 \text{ mm}$ |

Aufgabe 2:



Für den Antrieb einer im Schacht liegenden Tauchpumpe ist ein geeignetes Getriebe zu entwerfen, wobei der Flanschmotor direkt an Getriebegehäuse angeflanscht werden soll. Für die Verzahnung ist Umlaufschmierung vorzusehen. Es kann eine Ölpumpe oder eine Schleuderscheibe verwendet werden.

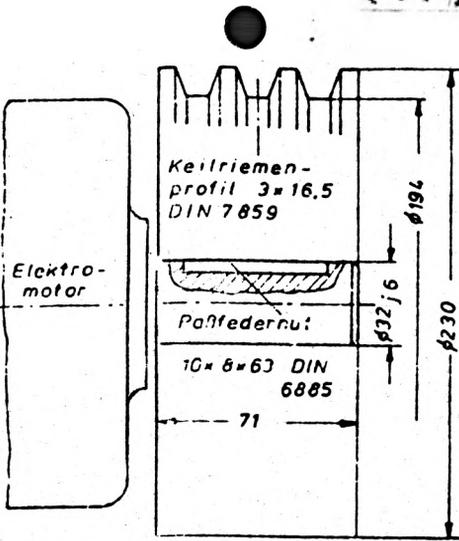
Zu konstruieren ist das Getriebe (gestrichelt umrandete Zone) einschließlich des Flanschanschlusses des Motors.

Der Entwurf ist im Hauptschnitt in Form einer Entwurfszeichnung auszuführen. Die angegebenen Richtmaße sowie der Maßstab 1:1 sind annähernd einzuhalten.

Sich wiederholende Zonen brauchen nur einmal ausführlich dargestellt werden.

Die gewählten Anordnungen müssen aber eindeutig erkennbar sein!

- Richtmaße :
- $l = 3$
 - $d = 30 \text{ mm}$
 - $l = 75 \text{ mm}$
 - $D = 250 \text{ mm}$



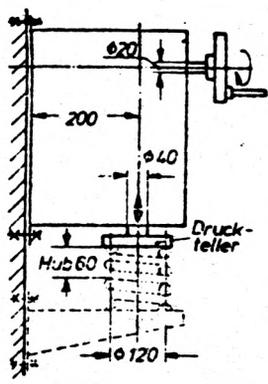
Aufgabe 3: (großer Entwurf)

Für das Antriebswellenende eines Elektromotors ist eine Keilriemenscheibe mit eingebauter Rutschkupplung nach nebenstehender Skizze zu entwerfen.

Dabei sollen die zu entwerfenden Kupplungsteile nicht über das vorgegebene Keilriemenscheibenprofil hinaus ragen. Am Antriebswellenende des Motors soll nach Möglichkeit eine weitere Bearbeitung vermieden werden.

Der Entwurf ist in Form einer Handskizze als Entwurfszeichnung mit den erforderlichen Schnitten auszuführen. Die angegebenen Richtmaße sowie der Maßstab 1:1 sind einzuhalten.

Aufgabe 4: (großer Entwurf)

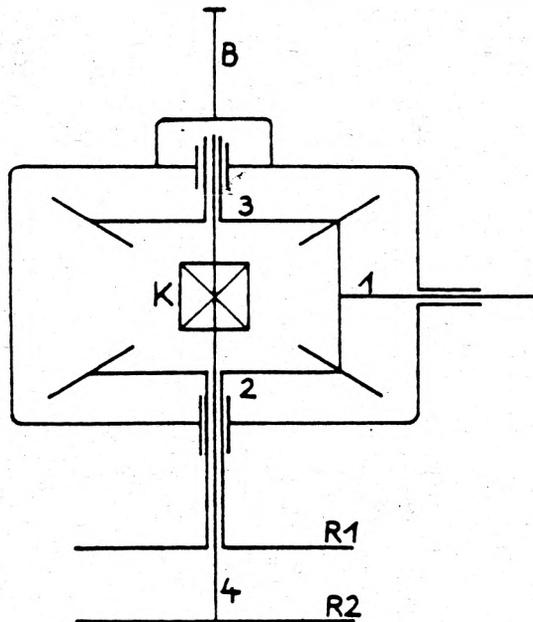


Es soll eine Vorrichtung zum Vorspannen von Schraubenfedern mit Handbetrieb entworfen werden. Hierzu ist der Umsetzungsmechanismus von der Drehbewegung des Handrades in die Hubbewegung des Drucktellers zu konstruieren. (Dick ausgezogene Umriss!) Dabei soll eine Handradumdrehung etwa 2 mm Hubbewegung entsprechen.

Der Entwurf ist in Form einer Handskizze als Entwurfszeichnung mit den erforderlichen Schnitten auszuführen. Die angegebenen Richtmaße sowie der Maßstab 1:1 sind einzuhalten.

Konstruktionsaufgabe 5

80

Getriebe eines Kesselrechwenders

Achtung: Prinzipskizzen werden seit den letzten Jahren nicht mehr vorgegeben sondern müssen von den Prüflingen selbst entwickelt werden!

Die Prinzipskizze zeigt das Getriebe eines Kreiselrechwenders aus der Landwirtschaft. Mit dem Kreiselrechwender wird das gemähte Futter gewendet, gestreut und auf Reihe gelegt. Ein Traktor zieht das Gerät und treibt mittels einer Zapfwelle über Wendegetriebe und Kettentrieb die zwei Kreisel wahlweise gleich- oder gegenläufig an.

Über die Antriebswelle 1 werden die beiden ständig im Eingriff befindlichen Kegelräder 2 und 3 angetrieben. Kettenritzel R1 ist fest mit dem Kegelrad 2 verbunden, während sich das Kettenritzel R2 über die Welle 4 und die im Stillstand schaltbare Kupplung K wahlweise an das Kegelrad 2 oder 3 ankuppeln läßt.

Das Getriebe wird über den Bolzen B im Ausleger der Zugmaschine eingehängt und verriegelt.

Konstruieren Sie das skizzierte Getriebe als Handskizze im Maßstab 1:1 unter Einhaltung der angegebenen Maße und achten Sie dabei besonders auf folgende Punkte:

- Übersetzung der Kegelradstufen $i = 3$
- Fettschmierung aller bewegten Teile
- sichere Abdichtung gegen Staub und Schmutz
- Kupplung im Stillstand schaltbar
- einfache Herstellbarkeit, leichte Montage
- mittlerer Durchmesser des Kegelritzels $d_{m1} = 75 \text{ mm}$
- Durchmesser des Bolzens B $d_B = 60 \text{ mm}$
- der Anschluß des Bolzens im Ausleger sowie das Schaltgestänge der Kupplung müssen nicht dargestellt werden.

Verwenden Sie den Zeichenkarton im Querformat und legen Sie den Schnittpunkt der Wellenmittellinien 400 mm vom linken und 350 mm vom unteren Blattrand entfernt fest.