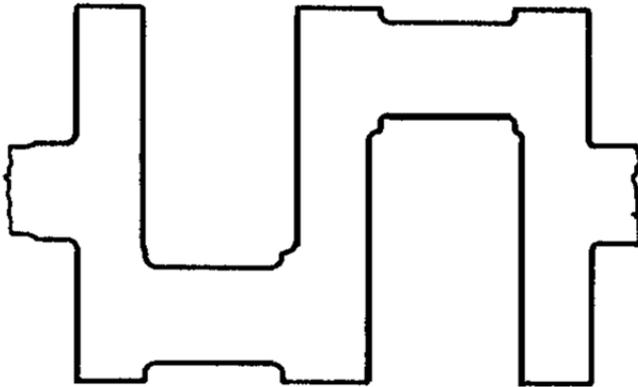
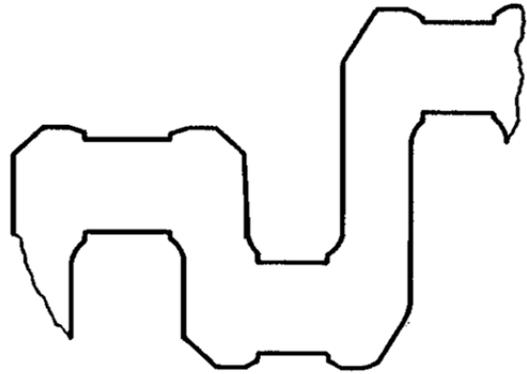




- 1) Die Fertigung der Kurbelwelle kann spanend (aus dem Vollen) oder geschmiedet erfolgen. Zeichnen Sie in die beiden Abbildungen den Faserverlauf ein! Welches Verfahren ist hinsichtlich Festigkeit zu bevorzugen? Worauf beruht diese Festigkeitssteigerung?

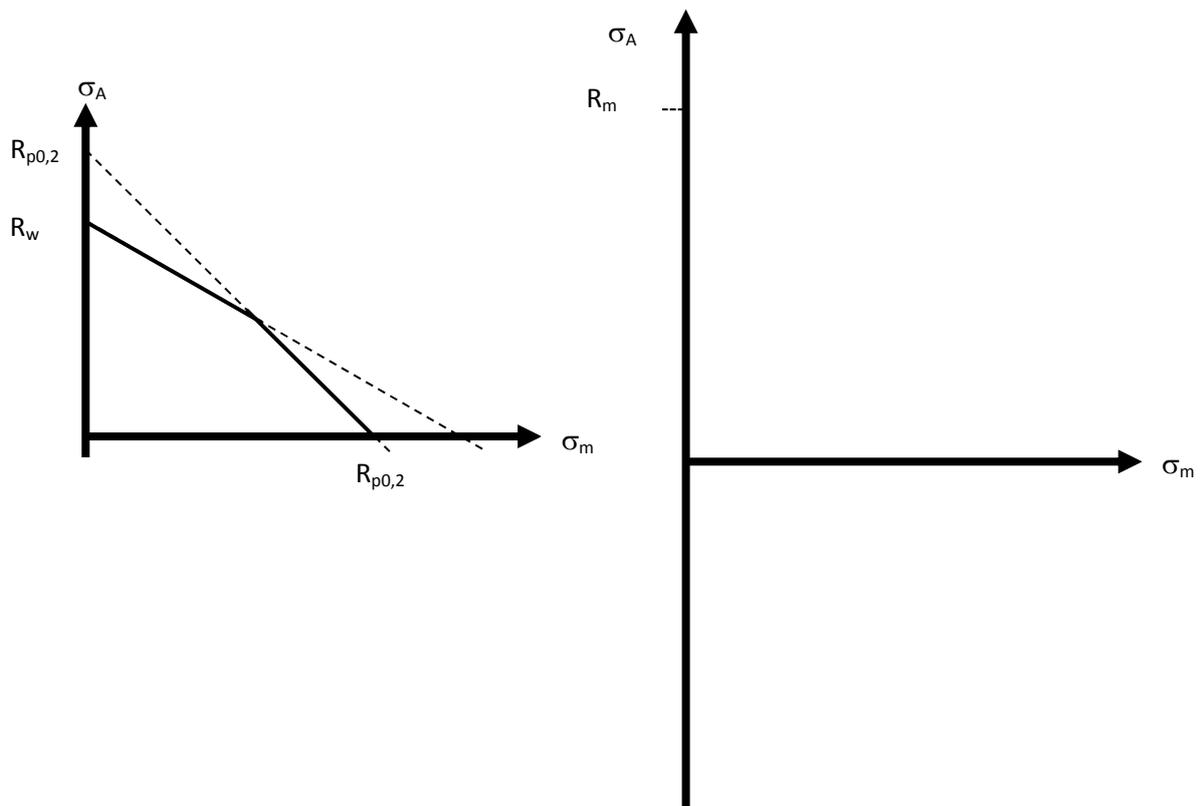


Spanende Bearbeitung



Geschmiedete Bearbeitung

- 2) In der folgenden Abbildung ist für die Probe eines Stahlwerkstoffes die Dauerfestigkeit nach Haigh gegeben. Übertragen Sie die Dauerfestigkeit in das Smith-Diagramm! Wie würde qualitativ (schematisch) der Verlauf für ein Bauteil aus demselben Stahlwerkstoff aussehen? Nennen Sie hierzu drei Einflussgrößen?

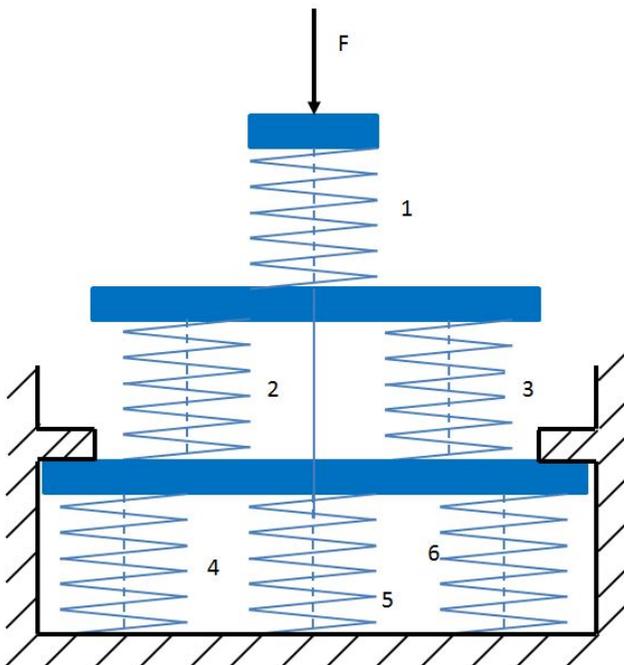


- 3) Ordnen Sie den unten angegebenen Passungswerten die jeweils richtige Anwendung zu und nennen Sie die entsprechende Passungsart (Spiel-, Übergang- oder Übermaßpassung)!

Zum Auswählen: **H7/r6, D10/h9 und H7/j6**

	Passungsart	Passungswert
Zentrierung des Deckels mit Schiebeseitz		
Schiebemuffe auf Führungssachse		
Auf Welle gepresster Anschlagring		

- 4) Geben Sie die Gesamtfedersteifigkeit von der folgenden Abbildung an!  
Die Federsteifigkeit der einzelnen Feder beträgt  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R$ .

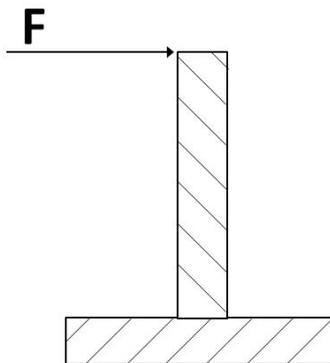


- 5) Welche Arten der Zentrierung bei einer Keilwellenverbindung kennen Sie?  
Erläutern Sie diese anhand einer Skizze!

- 6) Wählen Sie jeweils ein geeignetes Bauteil für die angeführten Werkstoffe!  
Zur Auswahl stehen: **Welle**, **O-Ring**, **Gehäuse**, **Wälzlager**

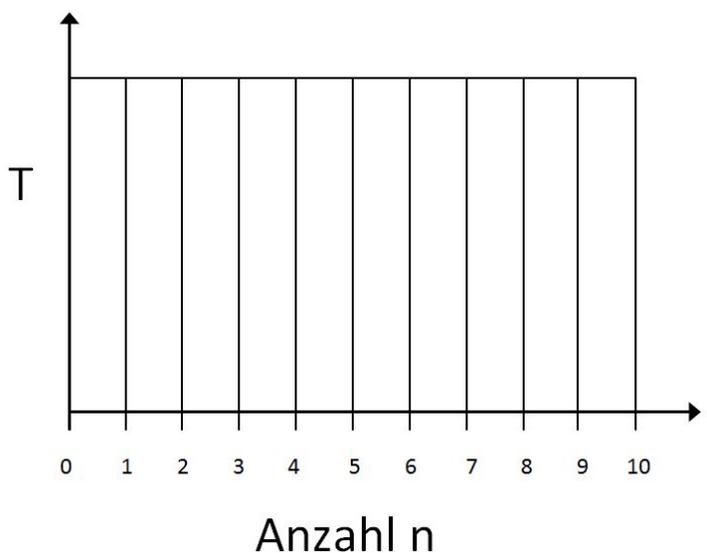
Werkstoff	Bauteil
GGG-40	
C45	
100Cr6	
Nitrilkautschuk	

- 7) Nennen Sie zwei Regeln zur Gestaltung von Schweißkonstruktionen!  
Die beiden Bleche in der Abbildung sind durch eine einseitige Kehlnaht so zu verschweißen, dass keine Zugspannungen in der Schweißnahtwurzel auftreten!

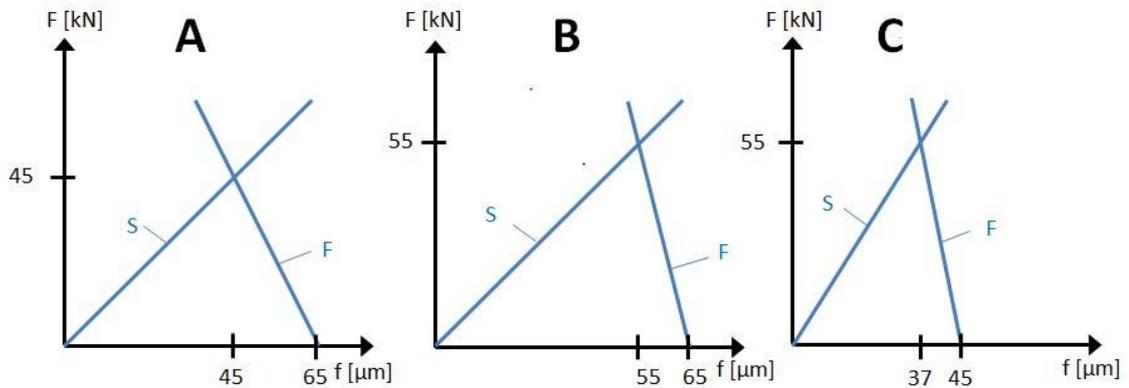


- 8) Nennen Sie zwei Vorteile der Fettschmierung in Wälzlagern!

- 9) Ein Drehmoment soll über Ringspannelemente übertragen werden. Tragen Sie in nebenstehendem Diagramm das übertragbare Gesamtdrehmoment  $T$  über der Anzahl  $n$  der Ringspannelemente auf! Die Axialkraft auf das erste Ringspannelement soll unabhängig von  $n$  sein. Wie viele Ringspannelemente sind praktisch nutzbar?



- 10) Gegeben sind die in der Abbildung unten gezeigten Verspannungsdiagramme von Verbindungen zwischen Schraube (S) und Flansch (F) im Montagezustand nach dem Setzen. Vergleichen Sie diese und kreuzen Sie Zutreffendes an! Mehrfachnennungen sind möglich.



Schraubenverbindung

	A	B	C
Die größte Schraubensteifigkeit hat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die größte Flanschnachgiebigkeit hat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei gleicher Betriebskraft ist die zusätzliche Dehnung der Schraube am geringsten in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die größte Vorspannkraft liegt an in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei gleicher Betriebskraft ist die Schraubenzusatzkraft am geringsten in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 11) Passfederverbindungen werden zur Drehmomentenübertragung verwendet.

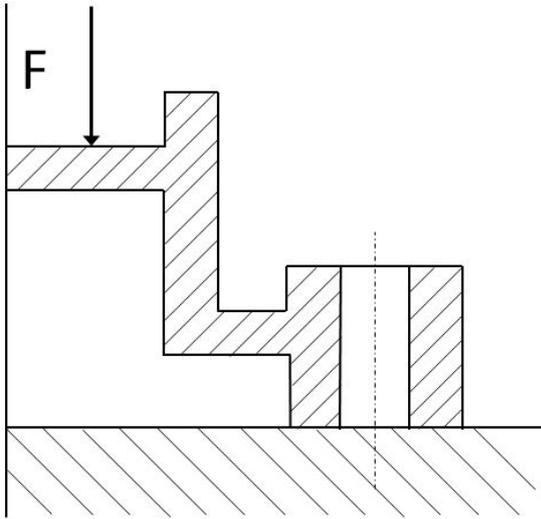
Wie verhält sich das übertragende Drehmoment wenn statt einer Passfeder zwei Passfedern eingesetzt werden? Kreuzen Sie an!

geringer	<input type="checkbox"/>
größer, aber kleiner als doppelt so groß	<input type="checkbox"/>
doppelt so groß	<input type="checkbox"/>
mehr als doppelt so groß	<input type="checkbox"/>

Eine Passfeder nach DIN 6885 soll ausgelegt werden (Welle und Nabe aus Stahl). Kreuzen Sie an, welches Kriterium dafür herangezogen wird!

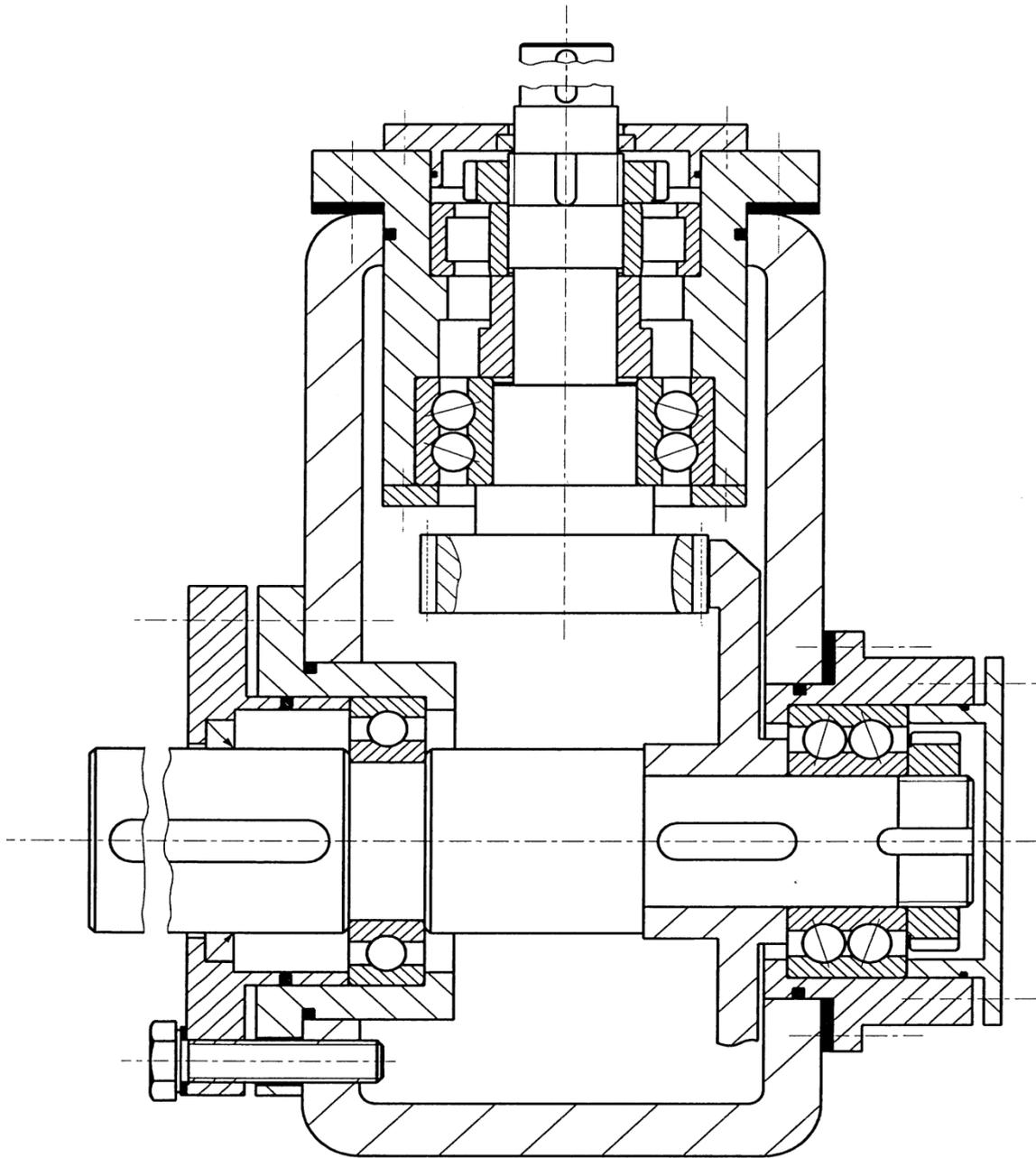
Zulässige Flächenpressung zwischen Welle und Passfeder	<input type="checkbox"/>
Zulässige Flächenpressung zwischen Nabe und Passfeder	<input type="checkbox"/>
Scherbeanspruchung der Passfeder	<input type="checkbox"/>
Zulässige plastische Verformung der Passfeder	<input type="checkbox"/>

12) Führen Sie folgende Detaillösung gussgerecht unter Einhaltung der Hauptgeometrie und Funktionsflächen durch!



**13) Fehlersuchaufgabe:**

Die Zeichnung zeigt einen Schnitt durch ein Getriebe. Die Darstellung enthält 10 Funktions- und Konstruktionsfehler. Kennzeichnen und erläutern Sie die Fehler in Stichworten!





Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_

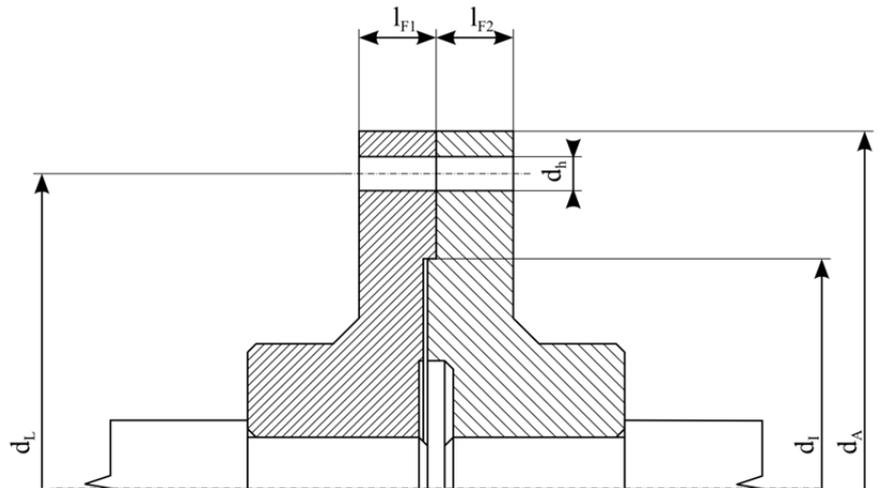
**Maschinen- bzw. Konstruktionselemente**  
**Prüfung SS 13**  
**für die Fachrichtung Maschinenbau**  
**Prof. Dr.-Ing. Lohrengel**

**Aufgabenteil**

Aufgabe	1	2	3	Summe Aufgaben	Konstruk- tion	Summe Fragen	Gesamt- summe
Mögliche Punkte	18	16	16	50	25	25	100
Erreichte Punkte							

**Aufgabe 1:**

Der Antriebsstrang eines Fahrzeugs ist durch Torsion  $M_t$  und eine dynamisch wechselnde Axialkraft  $F_{ax}$  belastet. Im Antriebsstrang befindet sich die rechts dargestellte Flanschverbindung, für die die Verschraubung nachgerechnet werden soll. Die beiden Flansche/Naben sind jeweils auf ein Wellenende aufgeschraubt und besitzen einen Zentrierbund. Hierbei sind die beiden Flanschteile über 8 am Umfang verteilte Durchgangsschraubungen miteinander verbunden. Die Schrauben werden drehmomentgesteuert über einen Drehmomentschlüssel angezogen.



und besitzen einen Zentrierbund. Hierbei sind die beiden Flanschteile über 8 am Umfang verteilte Durchgangsschraubungen miteinander verbunden. Die Schrauben werden drehmomentgesteuert über einen Drehmomentschlüssel angezogen.

Torsionsmoment	$M_t = 1100 \text{ Nm}$	Sicherheit gegen Durchrutschen	$j_R = 1,2$
dyn. Axialkraft	$F_{ax} = \pm 10 \text{ kN}$	Lochkreis $\emptyset$	$d_L = 100 \text{ mm}$
innerer $\emptyset$ Reibfuge	$d_i = 75 \text{ mm}$	äußerer $\emptyset$ Reibfuge	$d_A = 120 \text{ mm}$
Werkstoff Flansche	E295	E-Modul Flansch und Schraube	$E_S = E_P = 210 \text{ GPa}$
Flanschstärke	$l_{F1} = l_{F2} = 40 \text{ mm}$	Grenzflächenpressung	$P_G = 420 \text{ MPa}$
Sechskantschraube mit Schaft DIN EN ISO 4014 – M12 x 100 – 8.8			
Flanken $\emptyset$ Schraube	$d_2 = 10,863 \text{ mm}$	Kern $\emptyset$ Schraube	$d_3 = 9,853 \text{ mm}$
Kopfauflagen $\emptyset$	$d_w = 16,63 \text{ mm}$	$\emptyset$ Durchgangsbohrung	$d_h = 13,5 \text{ mm}$
Gewindelänge	$l_G = 30 \text{ mm}$	Steigung Gewinde	$p = 1,75 \text{ mm}$
Flankenwinkel	$\beta = 60^\circ$	Anziehfaktor	$\alpha_A = 1,6$
Reibkoeffizient	$\mu_G = \mu_K = 0,12$	Setzbetrag Kopf-/Mutterauflage	$3 \mu\text{m}$
Setzbetrag Trennfuge	$2 \mu\text{m}$	Setzbetrag Gewinde	$3 \mu\text{m}$

Gehen Sie bei Ihren Berechnungen von einem Kraftangriff direkt unter dem Schrauben- bzw. Mutterkopf aus.

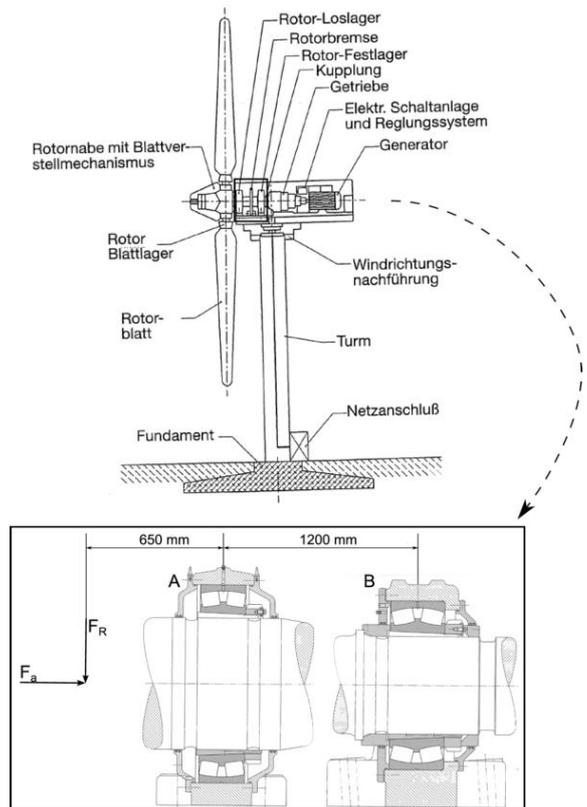
- Berechnen Sie die zur sicheren Übertragung des Torsionsmoments  $M_t$  erforderliche Mindestklemmkraft  $F_{Kerf}$  pro Schraube!
- Berechnen Sie die Nachgiebigkeit der Schraube!
- Berechnen Sie die Nachgiebigkeit des Flansches!
- Berechnen Sie das erforderliche Anzugsdrehmoment  $M_{t,M,max}$ !
- Berechnen Sie die maximale Schraubenkraft  $F_{s,max}$ !
- Überprüfen Sie die Flächenpressung unter dem Schraubenkopf für eine Sicherheit  $j = 1,2$ !

### Aufgabe 2:

Die Rotorlagerung einer Windkraftanlage soll nachgerechnet werden. Die Windkraftanlage WKA60 ist 44 m hoch und hat einen Dreiblatt-Horizontalrotor mit 60 m Durchmesser. Gefordert wurde eine Gebrauchsdauer von 10 Jahren, was einer nominellen Gebrauchsdauer von  $L_h > 60000$  h entspricht. Zur Abstützung der Rotorhauptwelle wurden die Pendelrollenlager FAG 231/600-K-MB (Festlager B) sowie FAG 241/710-B-MB (Loslager A) gewählt.

Um die variierenden Windkräfte einordnen zu können, wurden die Kräfte für drei verschiedene Windstärken berücksichtigt. Der Axial Schub  $F_a$  aus der Windkraft soll zur Vereinfachung auf der Mittelachse des Rotors auftreten.

Durch schwankende Windkräfte und den Turmschatten tritt am Rotor eine nach unten wirkende, radiale, geschwindigkeitsabhängige Kraft auf, die für die Rechnung konstant mit  $F_r = 2500$  kN anzunehmen ist. Der Rotor hat eine Gewichtskraft von  $F_g = 300$  kN.



**Tabelle 1:** Windstärken

Windstärke	Häufigkeit q (%)	Drehzahl n (min <sup>-1</sup> )	$F_a$ (kN)
schwach	20	8	70
mittel	50	23	200
stark	30	40	450

**Tabelle 2:** Berechnung der Lagerbelastung

Äquivalente dynamische Lagerbelastung	
bei $F_a/F_r \leq e$	$P = F_r + Y_1 \cdot F_a$
bei $F_a/F_r > e$	$P = 0,67 \cdot F_r + Y_2 \cdot F_a$
Äquivalente statische Lagerbelastung	
$P_0 = F_r + Y_0 \cdot F_a$	

**Tabelle 3:** Lagerdaten

Lager	Tragzahlen [kN]		Berechnungsfaktoren [l]			
	C	C <sub>0</sub>	e	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>0</sub>
231/600-K-MB (Festlager)	9000	19300	0,31	2,2	3,27	2,15
241/710-B-MB (Loslager)	15600	35500	0,38	1,79	2,67	1,75

- Wie groß ist die mittlere Drehzahl  $n_m$  des Rotors?
- Berechnen Sie die Lagerreaktionskräfte!

**Hinweis:** Falls sie b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit den radialen Lagerkräften  $F_{rA} = 3700$  kN für das Loslager und  $F_{rB} = 1550$  kN für das Festlager weiter! Die windstärkenabhängige Axialkraft siehe Tabelle 1!

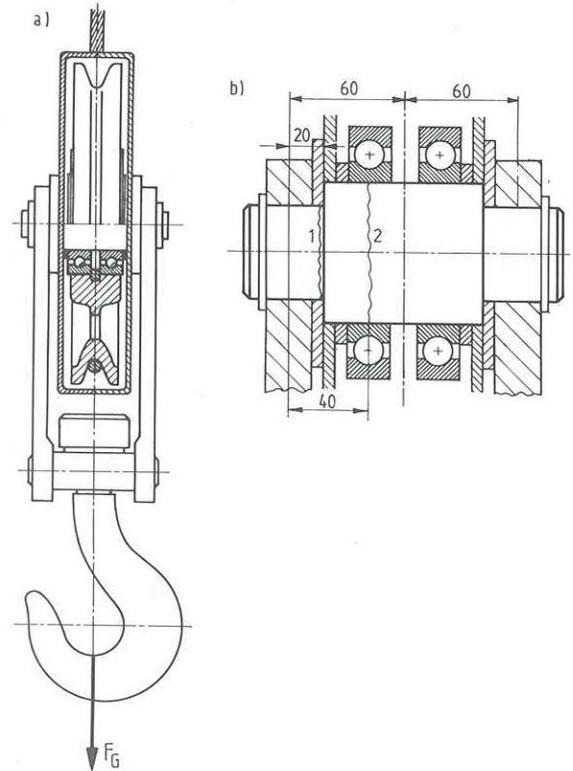
- Berechnen Sie die nominelle Lebensdauer in Stunden für beide Lager! Erfüllen sie jeweils die geforderte Lebensdauer?
- Führen Sie eine modifizierte Lebensdauerberechnung für das Festlager durch. Die Erlebenswahrscheinlichkeit soll 95% betragen. Der Lebensdauerbeiwert für Werkstoffeigenschaften wird mit  $a_2 = 1$  angenommen, der Beiwert für den Werkstoff-/Schmierungsfaktor mit  $a_3 = 0,8$ .
- Bestimmen Sie die statische Tragsicherheit  $S_0$  für das Loslager A.

### Aufgabe 3:

Das nebenstehende Bild zeigt eine Seilrolle mit Lasthaken für eine 8t-Tragfähigkeit. Führen Sie für den Querschnitt 1 der Seilrollenachse aus E 295 (St 50-2) eine Festigkeitsberechnung durch. Konstruktiv wurden die Durchmesser  $d_1 = 60$  mm (1) und  $d_2 = 70$  mm (2) mit einem Übergangsradius  $R = 2$  mm festgelegt. Die Auswirkungen beim Versagen sind hoch, die Unterflasche wird überwiegend unter max. Traglast genutzt, eine regelmäßige Sichtkontrolle wird durchgeführt.

#### Daten:

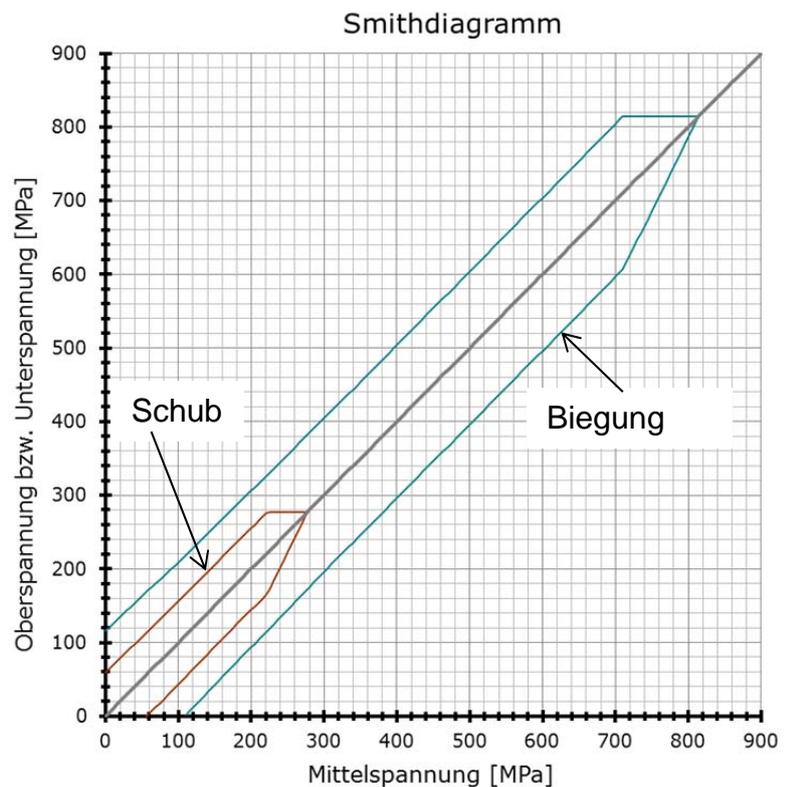
$R_{m,N}$	= 490 MPa	$n_\tau(r)$	= 1,19
$R_{p,N}$	= 295 MPa	$n_\sigma(r)$	= 1,22
$\sigma_{W,zd,N}$	= 220 MPa	$n_\tau(d)$	= 1,02
$\tau_{W,S,N}$	= 125 MPa	$n_\sigma(d)$	= 1,02
$K_{d,m}$	= 0,98	$n_{pl,b}$	= 1,7
$K_{d,p}$	= 0,95	$K_{p,b}$	= 1,7
$K_A$	= 1	$K_V$	= 1
$K_{t,zd}$	= 2,4	$K_{R,\tau}$	= 0,95
$K_{t,b}$	= 2,2	$K_{R,\sigma}$	= 0,92
$K_{t,t}$	= 1,6	$g$	= 9,81 m/s <sup>2</sup>



- Zeichnen Sie das mech. Ersatzbild für die Seilrollenachse!
- Zeichnen Sie qualitativ die auftretenden Belastungen für die Seilrollenachse!
- Bestimmen Sie für den Absatz (1) der Seilrollenachse die auftretenden Belastungen!

**Hinweis:** Wer Aufgabenteil c) nicht lösen konnte, rechne mit  $M_b = 600$  Nm und  $Q = 40$  kN weiter!

- Führen Sie für den Absatz in der Seilrollenachse einen statischen Festigkeitsnachweis nach FKM durch in dem Sie die Auslastungen bestimmen!
- Führen Sie für den Absatz in der Seilrollenachse einen dynamischen Festigkeitsnachweis nach FKM durch in dem Sie die Auslastungen bestimmen!



## Konstruktionsaufgabe

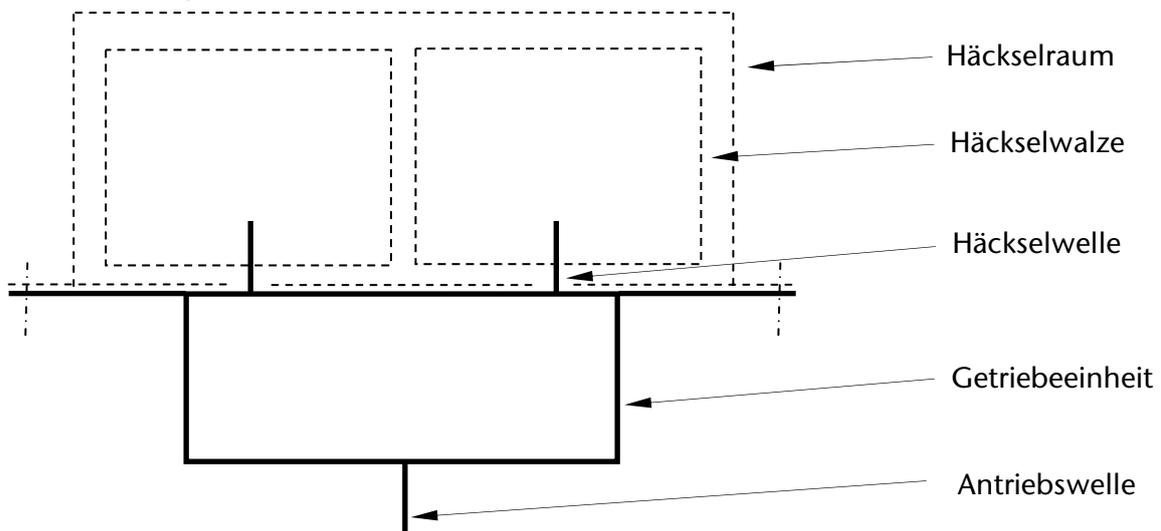
Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

**Mögliche Punkte: 25**

**Erreichte Punkte:**

Für den mobilen Einsatz in der Land- und Forstwirtschaft ist ein Häcksler für Baumschnitt zu konstruieren. Ihre Aufgabe ist die Entwicklung der Getriebeeinheit. Der Antrieb dieses Zerkleinerers erfolgt durch einen Verbrennungsmotor. Die beiden Zerkleinerungswalzen des Walzenhäckslers sind mittels einer sinnvollen Welle-Nabe-Verbindung auf den Häckselwellen zu fixieren. Da Walzenhäcksler allgemein den Nachteil haben, dass sie leichter verstopfen, wenn viel weiches Schnittgut verarbeitet werden muss, ist für diesen Fall eine reversible Überlastsicherung vorzusehen.



Hinsichtlich der Funktionserfüllung gelten weiterhin die folgenden Rahmenbedingungen:

- Der Häcksler zeichnet sich durch zwei Häckselwalzen aus, welche von einem Antrieb angetrieben werden,
- beide Häckselwalzen arbeiten mit der gleichen Drehzahl, weisen jedoch einen gegenläufigen Drehsinn auf, um das zu häckselnde Gut bestmöglich einzuziehen,
- die Drehzahl der Knetwerkzeuge ist geringer als die Antriebsdrehzahl (Übersetzungsverhältnis  $i = 5$ ),
- entsprechende Aufnahmen für die Häckselwalzen sind in den beiden Abtriebswellen vorzusehen,
- der Einsatzbereich des Häckslers macht eine Dichtung erforderlich, eine Umweltverschmutzung durch austretende Schmierstoffe ist unbedingt zu vermeiden.

Fertigen Sie für das Getriebe eine eindeutige Handskizze (Gehäuse, Wellen sowie aller zur Funktionserfüllung notwendigen Komponenten) auf dem beiliegenden DIN A3 - Blatt an. Beachten Sie hierbei die Aspekte Welle-Nabe-Verbindung, Lagerung, Schmierung, Abdichtung, eventueller Gehäusegestaltung, Montagegerechtheit sowie eine TZ-konforme Darstellung.