Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier
Leiter des Forschungs- und Lehrgebiets
Technisches Design

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Klausuren mit Kurzlösungen

Bitte beachten Sie:

Die Ihnen vorliegenden Kopien alter Klausuraufgaben sind ein Auszug aus vergangenen Semestern und wurden passend zu den damals geltenden Vorlesungsinhalten erstellt. Die aktuelle Vorlesung setzt inzwischen teilweise andere Schwerpunkte, weshalb manche Aufgaben mit dem aktuellen Vorlesungsinhalt unter Umständen nicht beantwortet werden können. Zudem berücksichtigt die Vorlesung von Prof. Maier den aktuellen Stand der Technik, neuere Erkenntnisse, Normen und Berechnungsvorschriften. Es ist daher möglich, dass Ihre eigenen Ergebnisse von den abgedruckten Ergebnissen abweichen können.

Für die Beantwortung von Fragen während der Prüfungsvorbereitungen bieten wir im Zeitraum vor der Prüfung Prüfungssprechstunden an. Die jeweiligen Zeiten erfahren Sie in der Vorlesung oder im Internet (Link „Lehre"–„Aktuelles zur Lehre" unter http://www.iktd.uni-stuttgart.de/).

Wir wünschen Ihnen eine erfolgreiche Vorbereitung.

INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 1	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **KEINE**

Wiederholer: ☐ ja ☐ nein (Zutreffendes bitte ankreuzen)

Der Termin für die mündliche Nachprüfung von Studenten, die diese schriftliche Prüfung als Wiederholungsprüfung ablegen und nicht bestehen, wird durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab dem xx.xx.xxxx durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Wiederholer sind verpflichtet, die Liste einzusehen oder am Institut zu erfragen und sich für die Nachprüfung bereitzuhalten.

(Unterschrift)

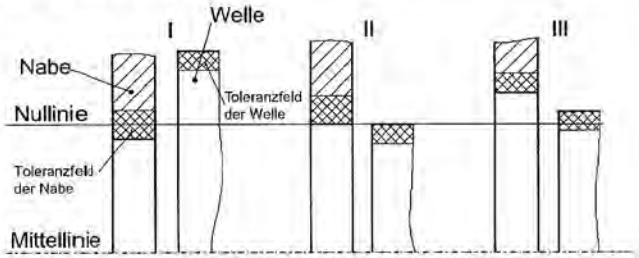
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	?

Bitte benutzen Sie so weit wie möglich die Aufgabenblätter zur Beantwortung!

Aufgabe 1.1 (3 Punkte)

Welche Passungen sind in den unten abgebildeten Fällen I, II und III dargestellt?

Kreuzen Sie die richtigen Lösungen an.

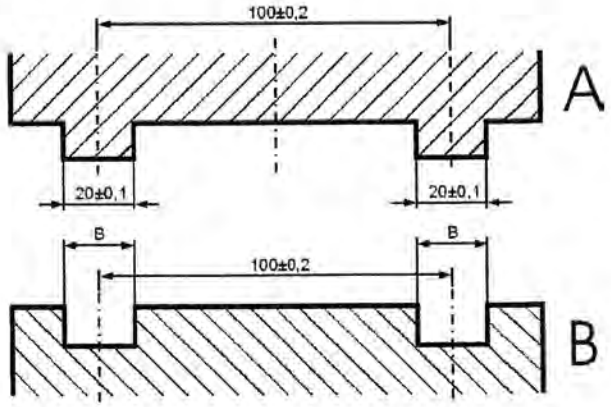


	I	II	III
J6/t6			
H6/h7			
S6/h6			
JS7/s6	X		
F6/j6			X
H7/h6		X	
M6/j6			

Aufgabe 1.2 (3 Punkte)

Die Zapfen des Bauteiles A greifen in die Nuten des Bauteiles B ein.

Berechnen Sie für die vorgegebenen Toleranzen das Mindestmaß der Nutbreite im Bauteil B, um die zwangfreie Montierbarkeit der Bauteile zu gewährleisten.



$B_{min} = 20{,}5\,mm$

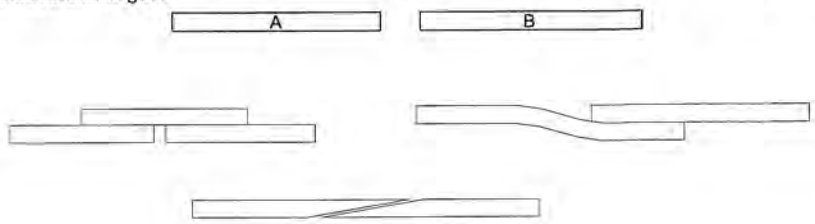
Aufgabe 1.3 (2 Punkte)

Gegeben sind 5 Profile mit gleichem Querschnitt. Suchen Sie für die jeweilige Beanspruchung das geeignetste Profil aus.

	Biegeachse				
Biegung		X			
Torsion				X	

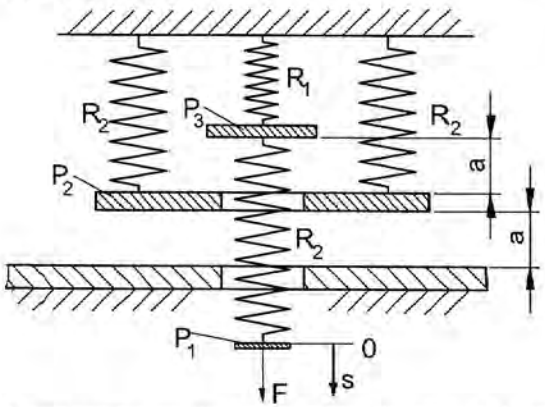
Aufgabe 1.4 (2 Punkte)

Die Bleche A und B sind durch Kleben zu verbinden. Skizzieren Sie zwei günstige Klebeverbindungen.

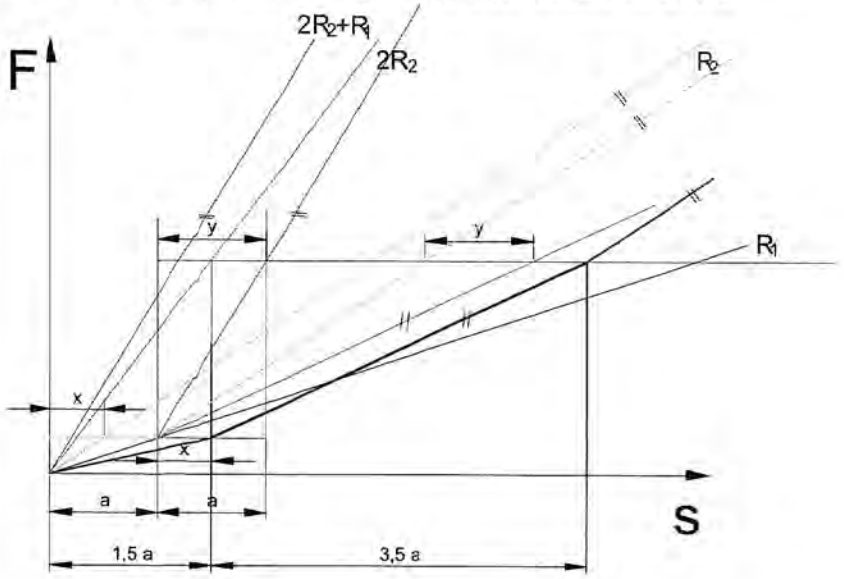


Aufgabe 1.5 (8 Punkte)

Gegeben ist ein Federsystem entsprechend der Abbildung. Die Kraft F wirkt an der unteren Platte P_1. Abstand a = unbelasteter Zustand.



Zeichnen Sie die Federkennlinie des Systems, benutzen Sie dabei die Länge a.



Aufgabe 1.6 (4 Punkte)

Nennen Sie je 2 Beispiele für

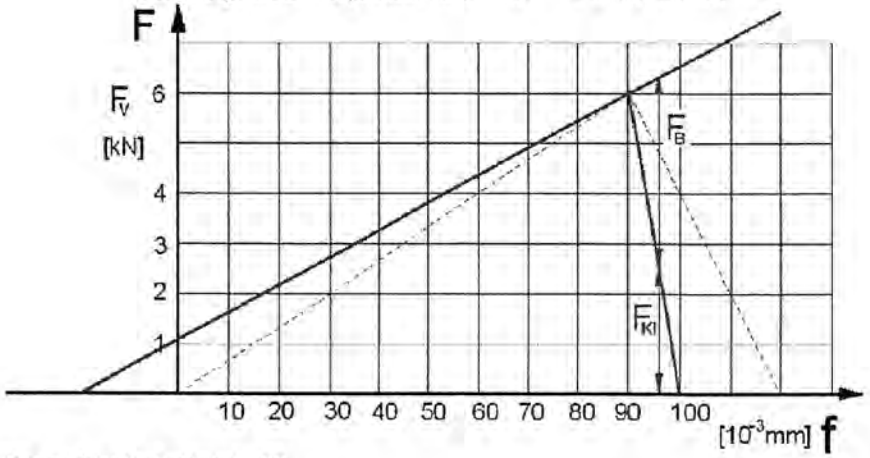
- Statische Dichtungen: O-Ring, Quadring, Flachdichtung
- Dynamische Dichtungen: RWDR, Filzring, Stepseal....

Aufgabe 1.7 (8 Punkte)

Zeichnen Sie das Verspannungsschaubild einer Schraubenverbindung für den Montage- und Betriebszustand und zeichnen Sie die Klemmkraft und die Betriebskraft ein.

Gegeben:

Minimale Vorspannkraft	$F_{V\,min}$	= 6 kN
Restklemmkraft	F_{Kl}	= 2,5 kN
Anzugsfaktor	k	= 1
Krafteinleitungsfaktor	n	= 0,3
Nachgiebigkeit der Schraube	δ_S	= 15 10^{-3} mm/kN
Nachgiebigkeit der verspannten Teile	δ_T	= 5 10^{-3} mm/kN



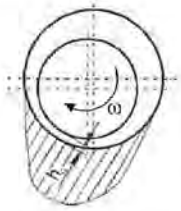
Wie groß ist die Betriebskraft?

F_B= 3,8 kN

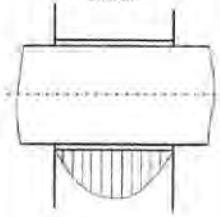
Aufgabe 1.8 (4 Punkte)

Skizzieren Sie die radiale und axiale Druckverteilung in einem Radialgleitlager bei einer Wellendrehzahl n > 0.

radial:

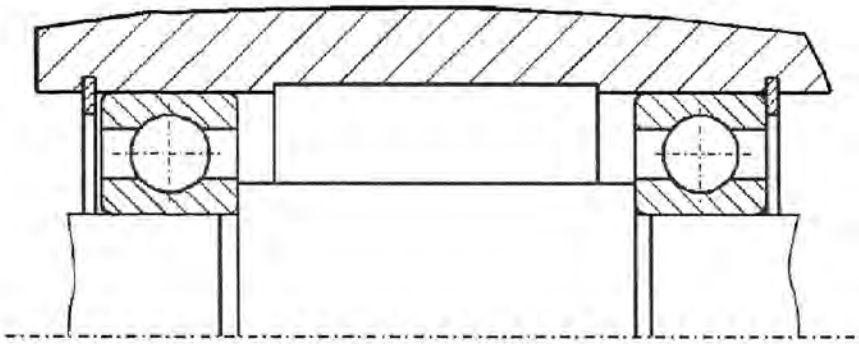


axial:



Aufgabe 1.9 (5 Punkte)

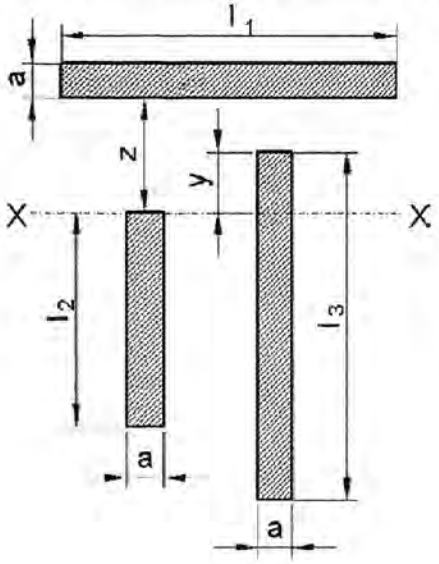
Skizzieren Sie in die Zeichnung eine schwimmende Lagerung einer Welle im Gehäuse mit Rillenkugellagern, gesichert durch Sicherungsringe.



Aufgabe 1.10 (4 Punkte)

Berechnen Sie das Widerstandsmoment gegen Biegung W_b bzgl. der Biegeachse x-x für folgenden Schweißnahtanschluß:

Für Rechteckquerschnitte gilt allgemein: $I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$



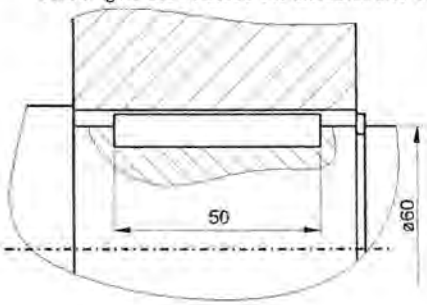
$$I_x = \frac{l_1 \cdot a^3}{12} + a \cdot l_1 \cdot \left(z + \frac{a}{2}\right)^2 + \frac{a \cdot l_2^3}{12} + a \cdot l_2 \cdot \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + \frac{a \cdot l_3^3}{12} + a \cdot l_3 \cdot \left(\frac{l_3}{2} - y\right)^2$$

$$W_b = \frac{I_x}{e_{max}} = \frac{I_x}{l_3 - y}$$

Aufgabe 1.11 (7 Punkte)

Die Passfederverbindung entsprechend unterem Bild soll bei einer Drehzahl von 900 min^{-1} eine Leistung von P = 20 KW übertragen.

a) Leiten Sie die endgültige Formel für die mittlere Flächenpressung p_m in der Nabe her und tragen Sie in diese die Zahlenwerte ein.



Geg.: Rundstirnige Passfeder

Breite: b = 18 mm

Höhe: h = 11 mm

Tragende Passfederhöhe:

$h' = 0{,}45 \cdot h$

$$P = M_t \cdot \omega = M_t \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$M_t = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad \left(= \frac{20000\,W \cdot 60\,s}{2 \cdot \pi \cdot 900} = 212{,}2\,Nm\right)$$

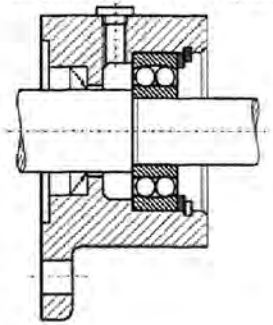
$$p = \frac{F}{A} = \frac{F_t}{A} = \frac{M_t \cdot 2}{d \cdot h' \cdot L'} = \frac{M_t \cdot 2}{d \cdot 0{,}45 \cdot h \cdot (l - b)} = \frac{212200\,Nmm \cdot 2}{60mm \cdot 0{,}45 \cdot 11mm \cdot 32mm} \left(= 44{,}65 \frac{N}{mm^2}\right)$$

b) Nennen Sie mindestens zwei wesentliche Nachteile einer Passfederverbindung und jeweils eine Verbindung, die diese Nachteile nicht aufweist.

Nachteile Passfederverbindung:	**Günstigere Verbindung:**
– Keine wechselnde Beanspruchung	– Schrumpfsitz
– Große Kerbwirkung	– Polygonprofil
– Geringe Belastungen	– Keilwellenprofil

Aufgabe 1.12 (10 Punkte)

Bemaßen Sie das unten dargestellte Guss-Lagergehäuse (Maßstab 1:1) funktions- und fertigungsgerecht mit Angabe aller Oberflächenrauheiten und Passungen.

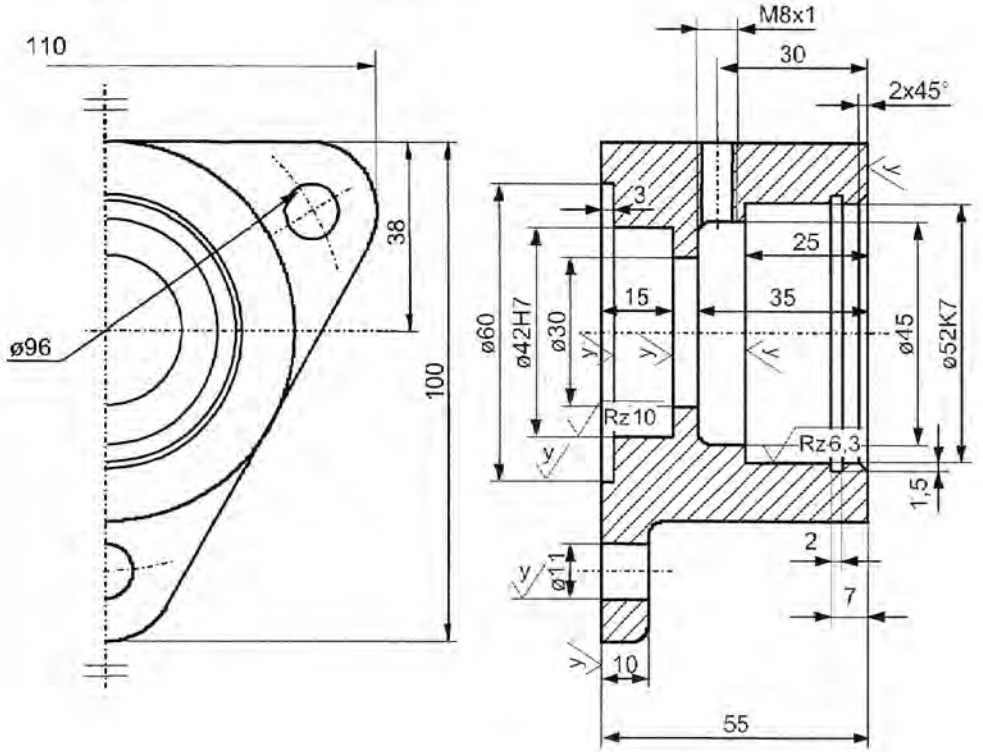


Toleranzen:

Durchmesser Lageraufnahme	K7
Durchmesser Dichtung:	H7

Oberflächen:

Lageraufnahme:	R_z 6,3
Dichtung:	R_z 10
Allgemein:	R_z 25



$\sqrt{\left(\sqrt{Rz6,3}, \sqrt{Rz\ 10}, \sqrt{y} = \sqrt{Rz\ 25}\right)}$

unbemaßte Radien R2

INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 2	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **ALLE**

Aufgabe 2.1 Lagerberechnung (30 Punkte)

Die Lagerung der Antriebswelle eines schrägverzahnten Stirnradgetriebes ist zu bestimmen **(Bild 1)**. Die Lagerung der Welle erfolgt dabei statisch bestimmt mit einem Fest- (B) und einem Loslager (A). Die Lager sollen als Rillenkugellager ausgeführt werden und sind für eine Mindestlebensdauer von 10 000 h zu dimensionieren, ihre tatsächliche Lebensdauer ist nachzuweisen.

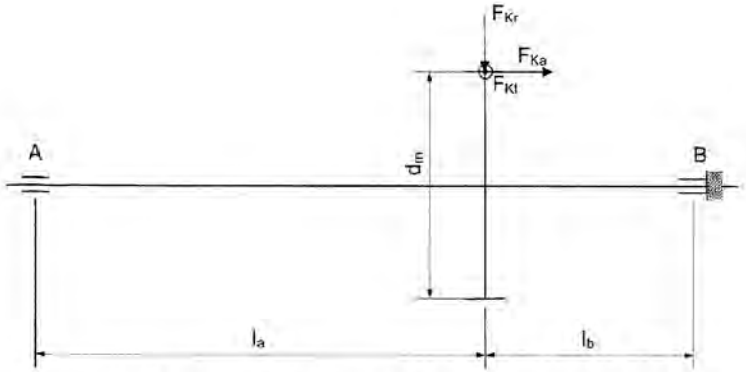


Bild 1: Schematische Darstellung der Antriebswelle mit Kegelrad

Werte:

Welle:	Kegelrad:	Lager:
l_a= 130 mm	d_m= 150 mm	Innendurchmesser:
l_b= 90 mm	F_{Ka}= 210 N	d_{ai}= 30 mm
n= 1000 U/min	F_{Kr}= 250 N	d_{bi}= 40 mm
	F_{Kt}= 1820 N	

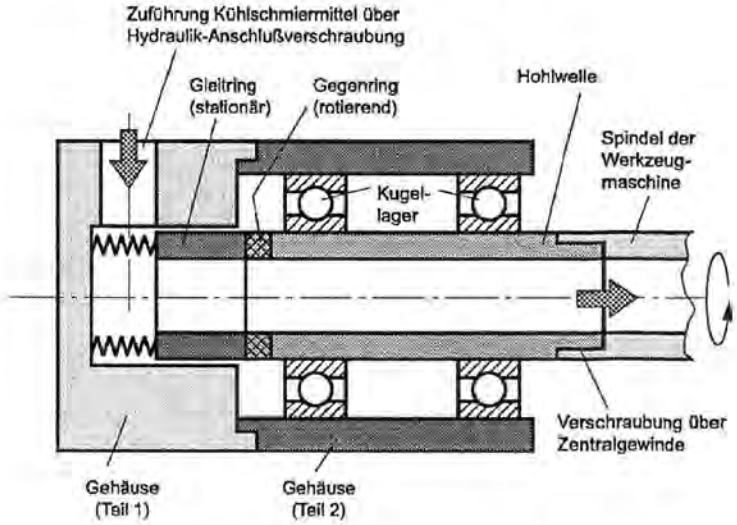
1. Welche Lagerkräfte müssen aufgenommen werden? (mit Skizze)
2. Dimensionieren Sie für Lager A (Loslager) und Lager B (Festlager) das Rillenkugellager.
3. Wählen Sie aus dem Katalog geeignete Lager mit den kleinstmöglichen Abmessungen aus. (Normale Lagerluft)
4. Führen Sie den Lebensdauernachweis für beide Lager durch.

Aufgabe 2.2 Konstruktion der Drehdurchführung einer Spindel (30 Punkte)

In eine schnell rotierende, hohl gebohrte Spindel einer Werkzeugmaschine soll mit Hilfe einer Drehdurchführung Kühlschmiermittel unter Druck eingespeist werden, siehe Prinzipskizze. Die Abdichtung erfolgt mit einer Gleitringdichtung.

Zeichnen Sie eine herstellbare, montierbare und funktionsfähige Konstruktionsvariante der Drehdurchführung auf dem Arbeitsblatt. Beachten Sie dabei folgende Punkte:

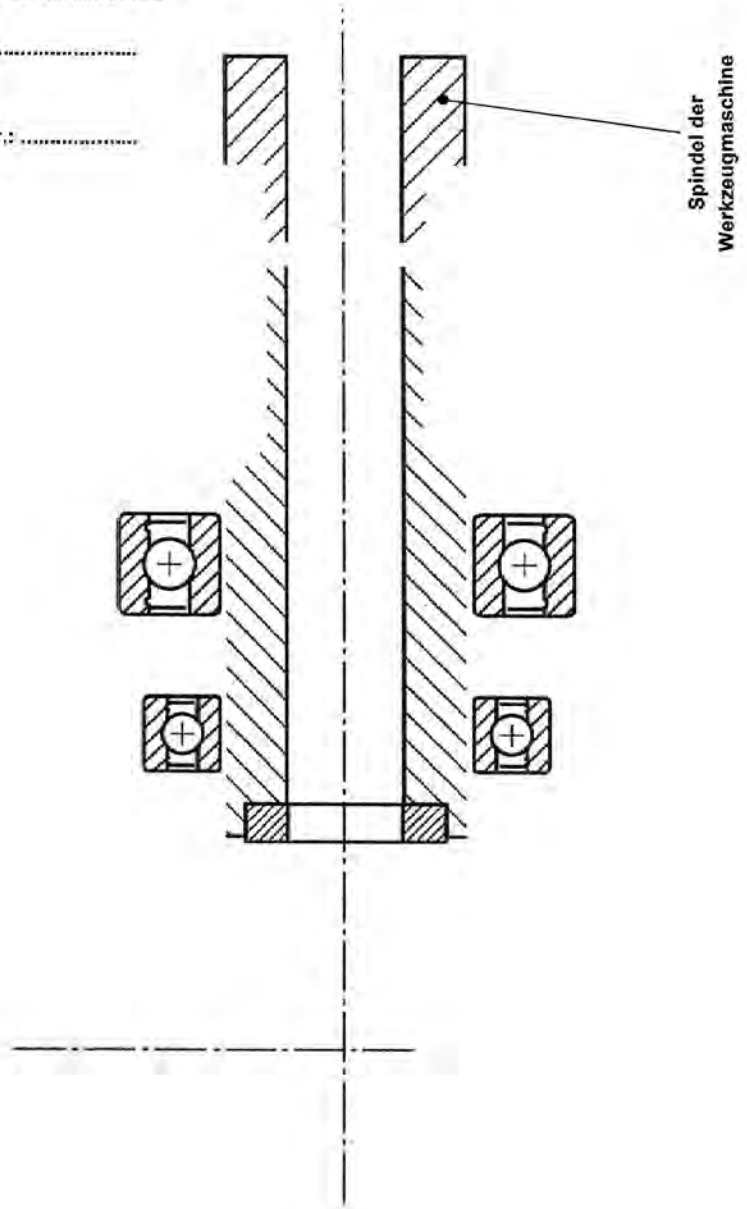
- Fest-Los-Lagerung der Hohlwelle im Gehäuse (Teil 2)
  - o Umfangslast am Innenring
  - o Fettgeschmierte Kugellager (Lebensdauerfüllung)
- Stationärer Gleitring
  - o Federanpressung
  - o Gegen verdrehen (mitrotieren) gesichert
  - o Nebenabdichtung vorsehen
- Verschraubung der Hohlwelle mit der Spindel mittels eines Zentralgewindes, Abdichtung durch einen O-Ring.
- Anschluss am Gehäuse (Teil 1) für Hydraulikverbindung
- Verschraubung der beiden Gehäuseteile mit Zentrierung



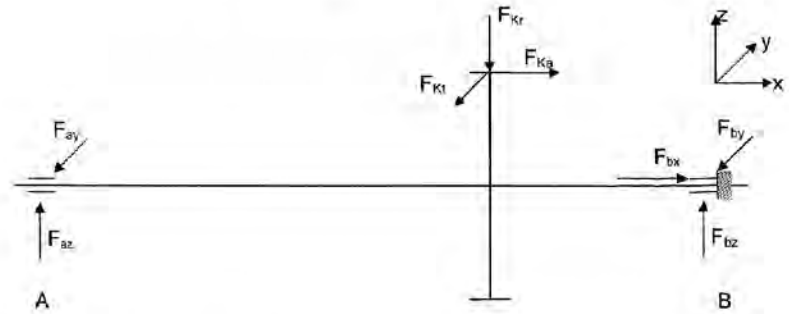
Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: .....

Matr.-Nr.: .....



1 Berechnung der Lagerkräfte



I. $\sum_{(i)} F_{ix} = 0 = F_{Ka} + F_{bx}$

II. $\sum_{(i)} F_{iy} = 0 = -F_{ay} - F_{by} - F_{Kt}$

III. $\sum_{(i)} F_{iz} = 0 = F_{az} + F_{bz} - F_{Kr}$

IV. $\sum_{(i)} M_{iBy} = 0 = F_{Ka}\frac{d_m}{2} - F_{Kr}l_b + F_{az}(l_a + l_b)$

V. $\sum_{(i)} M_{iBz} = 0 = F_{Kt}l_b + F_{ay}(l_a + l_b)$

<u>aus I:</u>

$F_{bx} = -F_{Ka} = -210N$ F_{bx} : axiale Kraft in B

<u>aus V:</u>

$$F_{ay} = -\frac{F_{Kt}l_b}{(l_a + l_b)} = -744{,}54N$$

<u>aus II:</u>

$F_{by} = -F_{Kt} - F_{ay} = -1075{,}46N$

<u>aus IV:</u>

$$F_{az} = \frac{F_{Kr}l_b - F_{Ka}\frac{d_m}{2}}{(l_a + l_b)} = 30{,}68N$$

<u>aus III:</u>

$F_{bz} = F_{Kr} - F_{az} = 219{,}32N$

Resultierende Kräfte:

$F_A = \sqrt{F_{az}^2 + F_{ay}^2} = 745{,}17\text{N}$

$F_B = \sqrt{F_{bz}^2 + F_{by}^2} = 1097{,}58\text{N}$

2 Lagerberechnung für Lager A

Lager A - Loslager:

I. $C_{erf} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6}} * P$

II. p=3 (Rillenkugellager)

III. $P = X * F_r + Y * F_a$

IV. $F_a = 0$ (Loslager)

V. $F_r = F_A = 745{,}17\text{N}$

VI. $\frac{F_a}{F_r} = 0 \leq e$

→ X=1

→ $P = 1 * F_r = 745{,}17\text{N}$

→ $C_{erf} = 6{,}28\text{kN}$

3 Lagerauswahl für Lager A

mit $d_a = 30\text{mm}$ → 16006

mit C=11,2kN

4 Lebensdauernachweis für Lager A

I. $L_{hvorh} = \frac{10^6}{60 * n}\left(\frac{C}{P}\right)^p = 56628\text{h}$

→ $L_{hvorh} \geq L_{10h}$ erfüllt

3 Lagerauswahl für Lager B

I. $L_{hvorh} = \frac{10^6}{60 * n}\left(\frac{C}{P}\right)^p$

II. p=3 (Rillenkugellager)

mit $d_b = 40\text{mm}$ → 16008

mit C=13,2kN

2 Lagerberechnung für Lager B

III. $P = X * F_r + Y * F_a$

IV. $F_a = F_{bx} = 210\text{N}$

V. $F_r = F_B = 1097{,}58\text{N}$

VI. $\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0{,}329$ → e=0,22

VII. $f_0 = 16$

VIII. $C_0 = 10{,}2\text{kN}$

IX. $\frac{F_a}{F_r} = 0{,}19 \leq e$

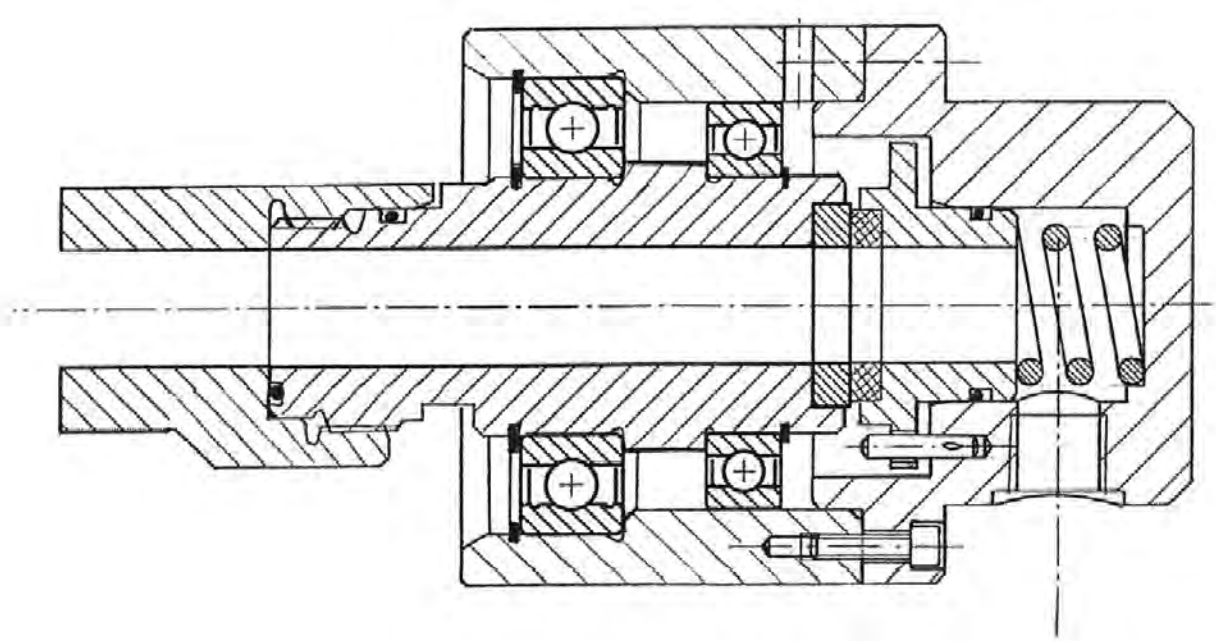
→ X=1, Y=0

→ $P = F_r = 1097{,}58\text{N}$

4 Lebensdauernachweis für Lager B

→ $L_{hvorh} = 28990{,}10\text{h}$

→ $L_{hvorh} > L_{10h}$ erfüllt



INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 1	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **KEINE**

Wiederholer: ☐ ja ☐ nein (Zutreffendes bitte ankreuzen)

Der Termin für die mündliche Nachprüfung von Studenten, die diese schriftliche Prüfung als Wiederholungsprüfung ablegen und nicht bestehen, wird durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab dem xx.xx.xxxx durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Wiederholer sind verpflichtet, die Liste einzusehen oder am Institut zu erfragen und sich für die Nachprüfung bereitzuhalten.

(Unterschrift)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ

Bitte benutzen Sie so weit wie möglich die Aufgabenblätter zur Beantwortung!

Aufgabe 1.1 (6 Punkte)

a) Ordnen Sie die ISO-Toleranzfelder **h6**, **H7**, **N7** und **R7** den Grenzmaßen in der nachfolgenden Tabelle zu. Berechnen Sie die verlangten Maße und Toleranzen.

Nennmaß: 40 mm				
ISO-Toleranzfeld	N7	h6	R7	H7
Grenzabmaße [µm]	-8	0	-25	+25
	-33	-16	-50	0
Höchstmaß [mm]	39,992	40		
Mindestmaß[mm]	39,967	39,984		
Maßtoleranz [µm]	25	16		

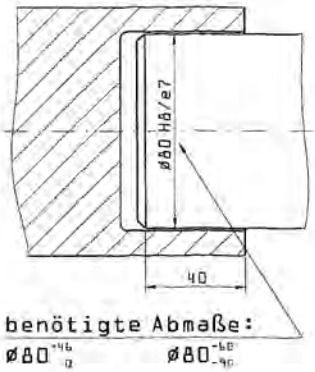
b) Um welches Passsystem und welche Passungsart handelt es sich bei der Passung **40 N7/h6** ?

☒ Einheitswelle ☐ Einheitsbohrung

☐ Übermaßpassung ☒ Übergangspassung ☐ Spielpassung

Aufgabe 1.2 (10 Punkte)

Im nebenstehenden Bild ist die Passung für eine Klebeverbindung zwischen zwei zylindrischen Teilen dargestellt.



a) Prüfen Sie nach, ob der Konstrukteur die richtigen Toleranzen gewählt hat, wenn die Klebefuge eine Mindestspaltweite von 25 µm haben sollte.

Kleinstspiel:

$S_U = 60\mu m$

Spaltdicke:

$\frac{S_U}{2} = 30\mu m$

b) Berechnen Sie das größte Spiel.

Größtspiel:

$S_O = 136\mu m$

c) Leiten Sie die endgültige Formel für die Sicherheit der Klebeverbindung her, wenn folgende Werte gegeben sind:

- zu übertragendes Torsionsmoment: M_t
- Festigkeit der Klebeverbindung: $\tau_{zul.}$

$$S_{vorh} = \frac{\tau_{zul} \cdot d_W^2 \cdot \pi \cdot l}{2 \cdot M_t}$$

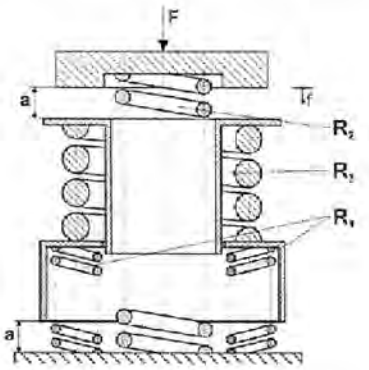
d) Leiten Sie die endgültige Formel für die zulässige Torsionsfestigkeit des Wellenwerkstoffes her, wenn dieser die gleiche Sicherheit aufweisen soll wie die Klebung.

($W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$ für Kreisquerschnitt)

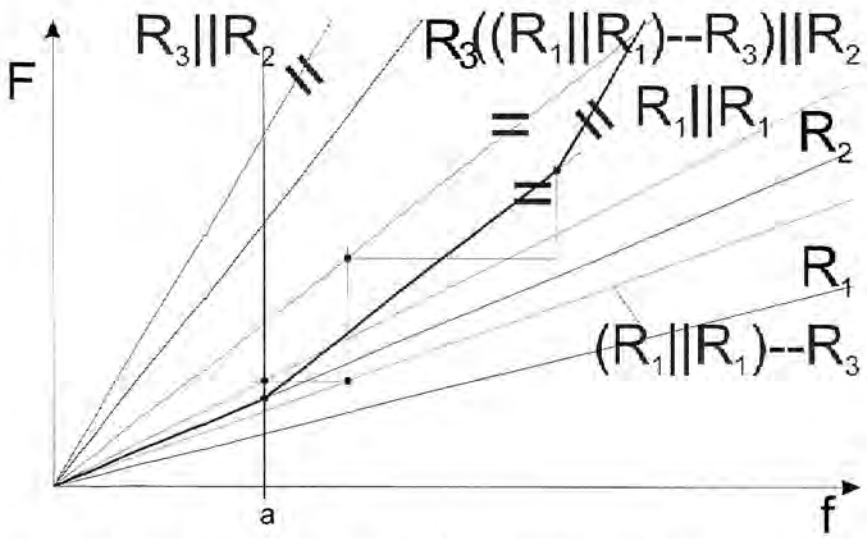
$$\Rightarrow \quad \tau_{tzul} = S_{vorh} \cdot \tau_{tvorh} = \frac{8 \cdot l}{d_W} \cdot \tau_{zul}$$

Aufgabe 1.3 (9 Punkte)

Gegeben ist das abgebildete Federsystem. Die Kraft F wirkt an der oberen Platte. Bei den Federraten gilt: $R_2 = 5/3 \cdot R_1$, $R_3 = 5 \cdot R_1$. Abstand a = unbelasteter Zustand.



a) Zeichnen Sie die Federkennlinie des Systems.
Benutzen Sie dabei die Länge a.



b) Geben Sie die Federraten des Systems in den verschiedenen Bereichen in Abhängigkeit von R_1 an!

Bereich 1: R_2

$R_{BZ} = R_2 = 5/3\ R_1$

Bereich 2: $((R_1||R_1)--R_3)||R_2$

$$R_{BZ} = \frac{65}{21} R_1$$

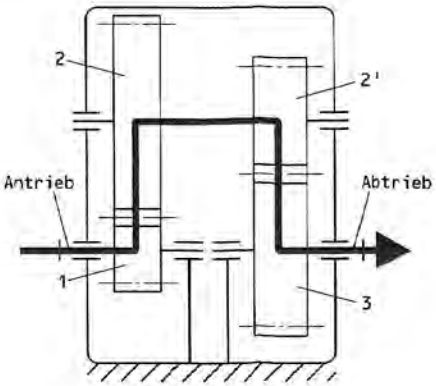
Bereich 3: $R_2||R_3$

$R_{BZ} = 20/3\ R_1$

Aufgabe 1.4 (4 Punkte)

Der Gesamtwirkungsgrad des abgebildeten Getriebes ist abhängig von den folgenden Einzelverlusten:

- Zahnradpaare: $\eta_Z = 0{,}99$
- Lagerpaare: $\eta_L = 0{,}97$
- Dichtung: $\eta_D = 0{,}98$



a) Zeichnen Sie den Kraft-/Momentenfluss im Getriebe ein.

b) Wie viele Stufen und wie viele Wellen besitzt das Getriebe?

2 Stufen, 3 Wellen

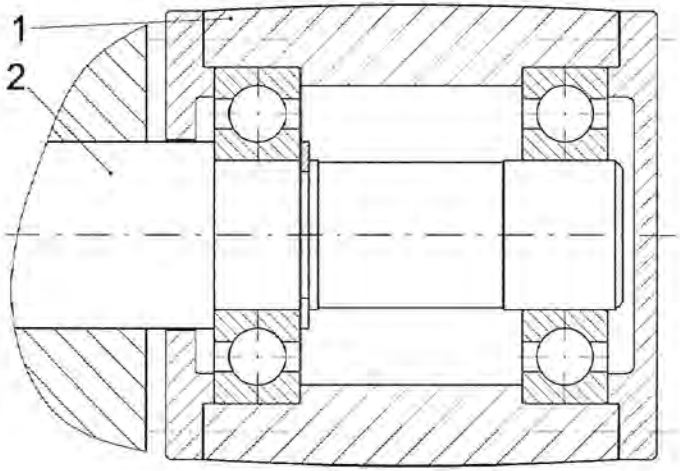
c) Geben Sie die Formel für den Gesamtwirkungsgrad des Getriebes an und setzen Sie die Zahlenwerte ein.

$$\eta_{ges} = \eta_Z^2 \cdot \eta_L^3 \cdot \eta_D^2 = 0{,}99^2 \cdot 0{,}97^3 \cdot 0{,}98^2$$

Aufgabe 1.5 (8 Punkte)

Eine Laufrolle (1) ist auf einem Bolzen (2) mit einer Fest / Loslagerung zu lagern. Skizzieren Sie in das vorgegebene Bild die Lagerung mit Rillenkugellagern. Stellen Sie Verschraubungen schematisch mit einer Strich-Punkt-Linie dar.

Welche Passungsart muss am Außen- bzw. Innenring gewählt werden? Warum?



Umfangslast am Außenring, Punktlast am Innenring → straffe Passung am Außenring

Außenring axial festgelegt

Innenring verschiebbar

Aufgabe 1.6 (2 Punkte)

Geben Sie die Formel für die Leistungsgewichte der folgenden Geräte an:

a) Elektromotoren

$$\text{Leistungsgewicht} = \frac{\text{Abgabeleistung}}{\text{Gerätemasse}} = \left[\frac{\text{W}}{\text{kg}}\right]$$

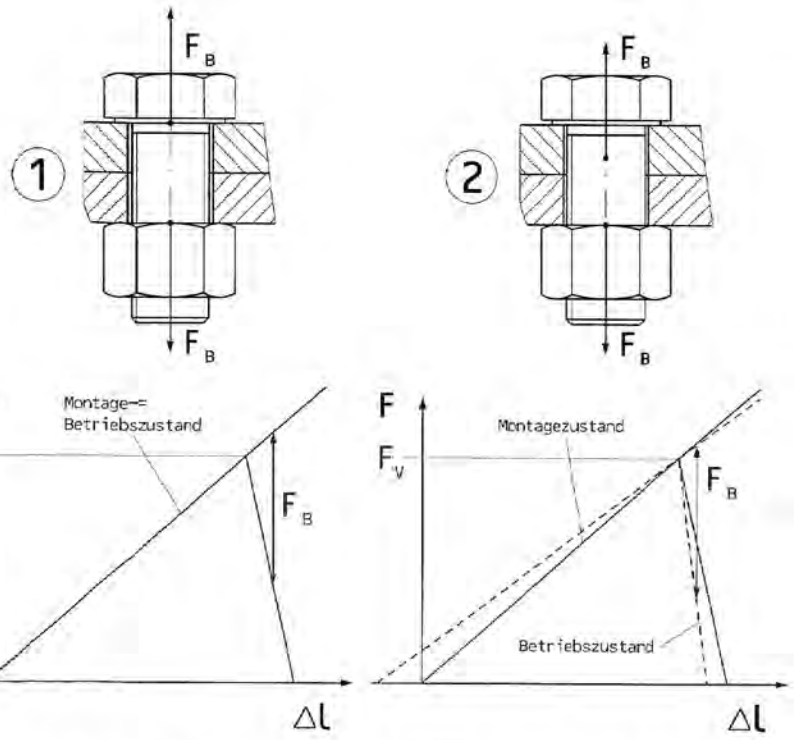
b) Verbrennungskraftmaschinen

$$\text{Leistungsgewicht} = \frac{\text{Gerätemasse}}{\text{Abgabeleistung}} = \left[\frac{\text{kg}}{\text{kW}}\right]$$

Aufgabe 1.7 (5 Punkte)

Zwei Schraubenverbindungen sind bis auf die Art der Lasteinleitung vollkommen identisch. Zeichnen Sie zu beiden Fällen das Verspannungsschaubild für den Montage- und Betriebszustand.

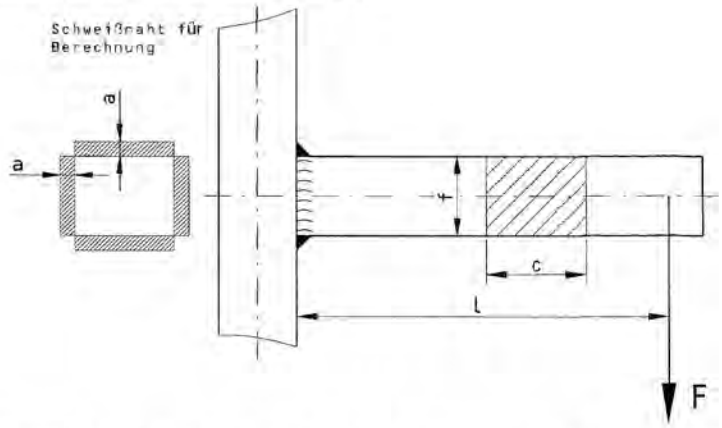
Welche Schraube wird höher belastet?



Die Schraubenverbindung 1 wir höher belastet. Kraftangriff unter dem Schraubenkopf ist ungünstigste Beanspruchung der Schraubenverbindung!

Aufgabe 1.8 (7 Punkte)

Gegeben sei die skizzierte Schweißverbindung.



a) Ermitteln Sie die Schnittgrößen an der Schweißnahtanschlussstelle.

Querkraft: $\boxed{F_Q = F}$

Biegemoment: $\boxed{M_b = F \cdot l}$

b) Leiten Sie die endgültige Formel für die Spannung in der Schweißnaht her.

($I = \frac{b \cdot h^3}{12}$ für Rechteckquerschnitt)

$$\boxed{\sigma_v = \sqrt{\left(\frac{F \cdot l}{\frac{a \cdot f^3 + c \cdot a^3 + 3 \cdot c \cdot a \cdot (f+a)^2}{3f + 6a}}\right)^2 + 1{,}8 \cdot \left(\frac{F}{2 \cdot a \cdot f}\right)^2}}$$

Aufgabe 1.9 (9 Punkte)

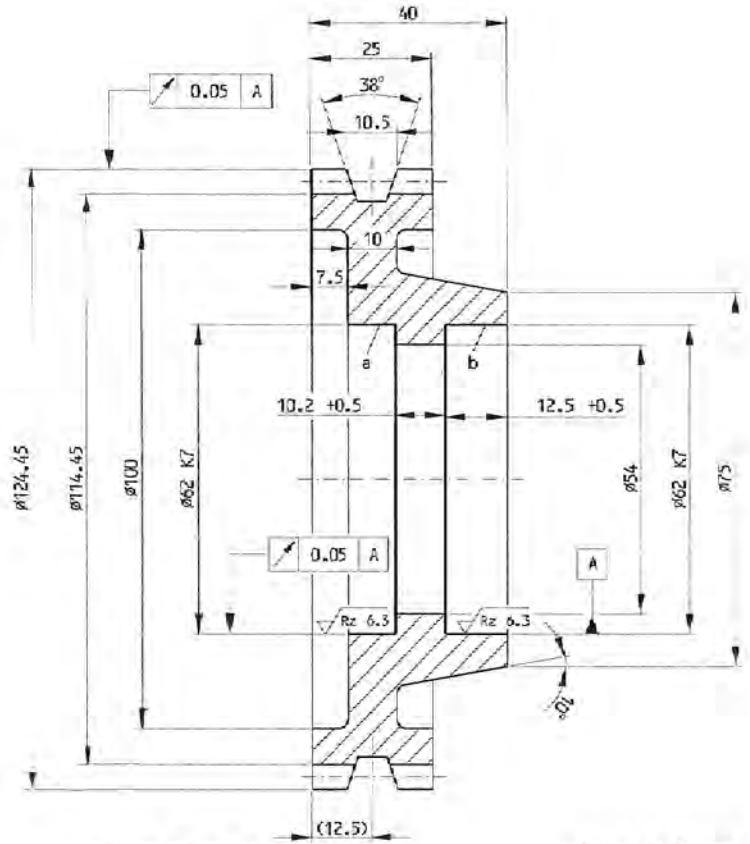
Bemaßen Sie die unten dargestellte Zahnriemenscheibe für einen Zahnriemen mit mittigem Keilprofil (Maßstab 1:1) funktions- und fertigungsgerecht mit Angabe aller Oberflächenrauheiten und Passungen.

Die Aufnahmebohrungen a und b dienen zur Lagerung mit Rillenkugellagern.

Die Rundlaufabweichung des Außendurchmessers bzgl. der Lagerstellen sollte 0,05 mm nicht überschreiten.

Toleranzen:
Durchmesser Lageraufnahme: K7

Oberflächen:
Lageraufnahme: R_z 6,3
Allgemein: R_z 25



INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 2	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **ALLE**

Aufgabe 2.1 Schraubenberechnung (30 Punkte)

In Bild 1 ist eine von 16 Schrauben einer Deckelverschraubung eines Druckbehälters zu sehen. Der Innendruck p_i = 200 bar wirkt schwellend. Die gewählte Sechskantschraube DIN EN ISO 4017 soll eine Festigkeitsklasse von 8.8 besitzen.

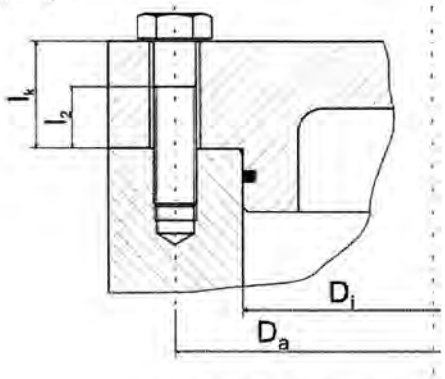


Bild 1: Deckelverschraubung

Werte:

Nicht eingeschraubte Gewindelänge	l_2	=	23 mm
Klemmlänge	l_k	=	40 mm
Behälterinnendurchmesser	D_i	=	140 mm
Lochkreisdurchmesser	D_a	=	230 mm
Anzugsfaktor (drehmomentgesteuert)	k_a	=	1,6
Krafteinleitungsfaktor	n	=	0,6
E-Modul Schraube (St)	E_S	=	210.000 N/mm²
Nachgiebigkeit der Platten	δ_T	=	$3{,}056 \cdot 10^{-7}$ mm/N
Zulässige Flächenpressung unter Schraubenkopf	p_g	=	210 N/mm
Reibungszahlen	μ_{ges}	=	$\mu_G = \mu_K$ = 0,12
Durchgangslochdurchmesser M16	d_h	=	17 mm

1. Mit welcher Betriebskraft F_{Bmax} wird jede Schraube im Betrieb beaufschlagt? Wählen Sie eine geeignete Schraube aus.

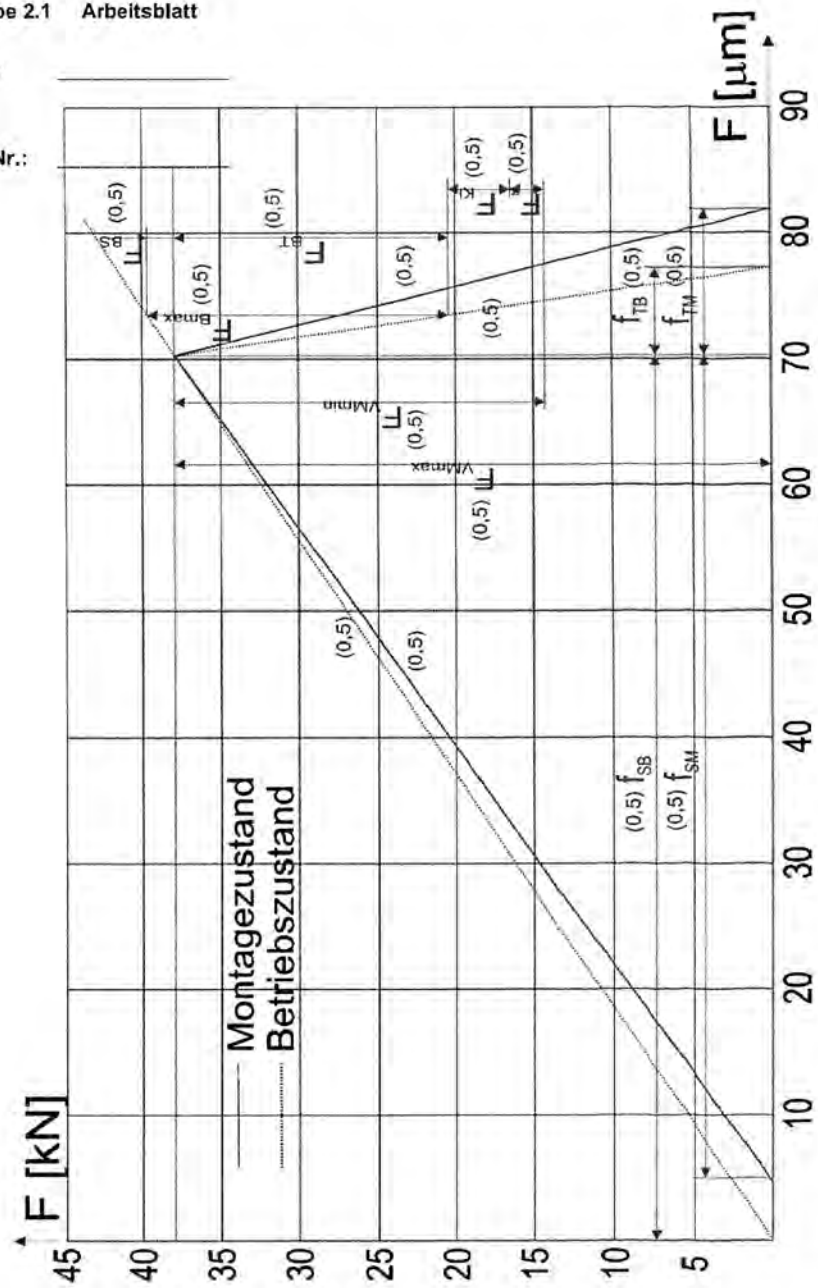
Rechnen Sie mit folgender Schraube weiter: DIN EN ISO 4014-M16 x 65-8.8.

2. Weisen Sie die Festigkeit der Schraubenverbindung nach, wenn eine (Rest-)Klemmkraft je Schraube von F_{KL} = 4000 N gefordert ist.
3. Zeichnen Sie das vollständige Verspannungsschaubild maßstäblich auf dem beigefügten Beiblatt. Tragen sie folgende Größen ein: F_{VM}, F_{KL}, F_Z, F_{Bmax}, F_{BT}, F_{BS}

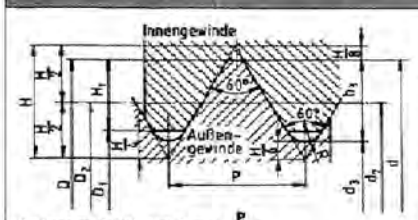
Aufgabe 2.1 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



TB 8-1 Metrisches ISO-Gewinde (DIN 13-1) für M16



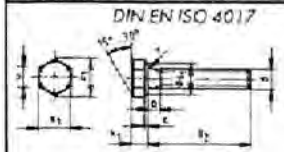
Steigungswinkel: $\tan\beta = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$

Kernquerschnitt: $A_{d3} = \frac{d_3^2 \cdot \pi}{4}$

Spannu

Gewinde Nenn-Ø	d = D	16
Steigung	P	2
Flanken-Ø	$d_2 = D_2$	14,701
Kern-Ø	d_3	13,546
	D_1	13,835
Gewindetiefe	H_3	1,227
	H_1	1,083
Rundung	R	0,289
Spannungs-querschnitt	A_S [mm²]	157

TB 8-8 Sechskantschrauben für M16



d	M16
a	6
e_1	26,75
k_1	10
$s_1 = d_w$	24
l_2	von 30 bis 150

TB 8-13 Richtwerte zur Vorauswahl der Schraube

		Nenndurchmesser in mm für Schrauben bei Kraft je Schraube[1] F_B bzw. F_Q in kN bis											
Festigkeitsklasse	stat. axial	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250
	dyn. axial	1	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160
	quer	0,32	0,5	0,8	1,25	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5	50
4.6		6	8	10	12	16	20	24	27	33	-	-	-
4.8, 5.6		5	6	8	10	12	16	20	24	30	-	-	-
5.8, 6.8		4	5	6	8	10	12	14	18	22	27	-	-
8.8		4	5	6	8	8	10	14	16	20	24	30	-
10.9		-	4	5	6	8	10	12	14	16	20	27	30
12.9		-	4	5	5	8	8	10	12	16	20	24	30

[1] Für Dehnschrauben oder exzentrisch angreifender Betriebskraft FB sind Durchmesser der nächsthöheren Laststufe zu wählen

TB 8-14 Schrauben-Spannkraft, Spannmoment

Regel- bzw. Feingewinde	μ_{ges} = μ_G = μ_K	Schaftschrauben: Spannkraft F_{sp} in kN bei Festigkeitsklasse[1]			Schaftschrauben: Spannmoment M_{sp} in Nm bei Festigkeitsklasse[1]			Dehnschrauben (d_T=0,9·d_3): Spannkraft F_{sp} in kN bei Festigkeitsklasse[1]			Dehnschrauben (d_T=0,9·d_3): Spannmoment M_{sp} in Nm bei Festigkeitsklasse[1]		
		8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M16	0,08	81	119	139	147	216	253	58,4	85,8	100	106	156	183
	0,10	78,2	115	134	172	252	295	55,9	82,2	96,2	123	180	211
	0,12	75,3	111	130	194	285	333	53,4	78,5	91,8	137	202	236
	0,14	72,4	106	124	214	314	367	50,9	74,8	87,5	150	221	258

[1] Für Schrauben anderer Festigkeitsklassen sind die Tabellenwerte im Verhältnis der Streck- bzw. 0,2%-Dehngrenze proportional umzurechnen.

Aufgabe 2.2 Lagerung und Arretierung eines Zahnrades (30 Punkte)

Bild 2 zeigt die Prinzipskizze der zu konstruierenden Vorrichtung. Das Zahnrad soll mit einer angestellten Lagerung (O-Anordnung) auf der feststehenden Achse gelagert werden. Über einen pneumatisch betätigten Bolzen muss das Zahnrad arretiert werden können. Hierzu wird bei sehr langsamer Drehzahl des Zahnrades der Druckraum 1 über den Pneumatikanschluss mit Druckluft versorgt. Der Steuerkolben wird dadurch leicht gegen das Zahnrad gedrückt. Bei Erreichen der Arretierbohrung bewegt sich der Steuerkolben nach rechts und der Druck kann in den Druckraum 2 gelangen. Dadurch wird der Arretierbolzen mit Druck beaufschlagt und in die Bohrung geschoben. Bei Wegnahme des Druckes werden Steuerkolben und Arretierbolzen durch Druckfedern wieder in die Ausgangslage zurückgeschoben. Damit der Arretierbolzen vollständig zurückfahren kann, wenn der Steuerkolben den Druckraum 2 schon wieder verschlossen hat, muss ein Rückschlagventil eingebaut werden.

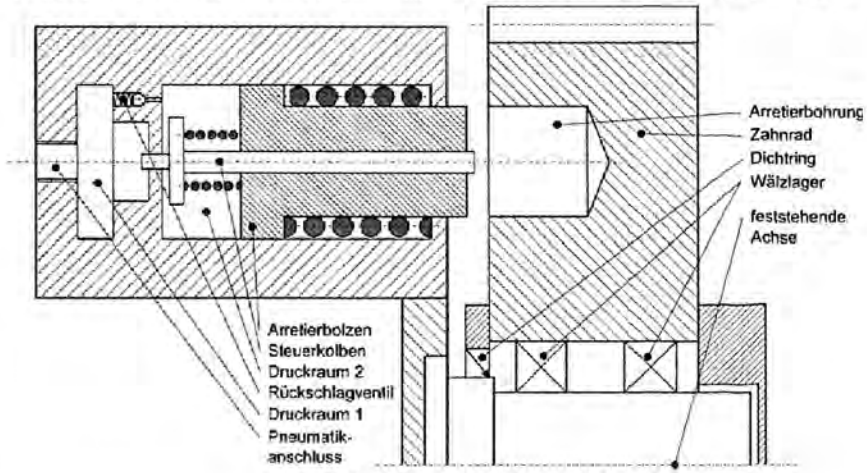


Bild 2: Prinzipskizze Arretierung Zahnrad

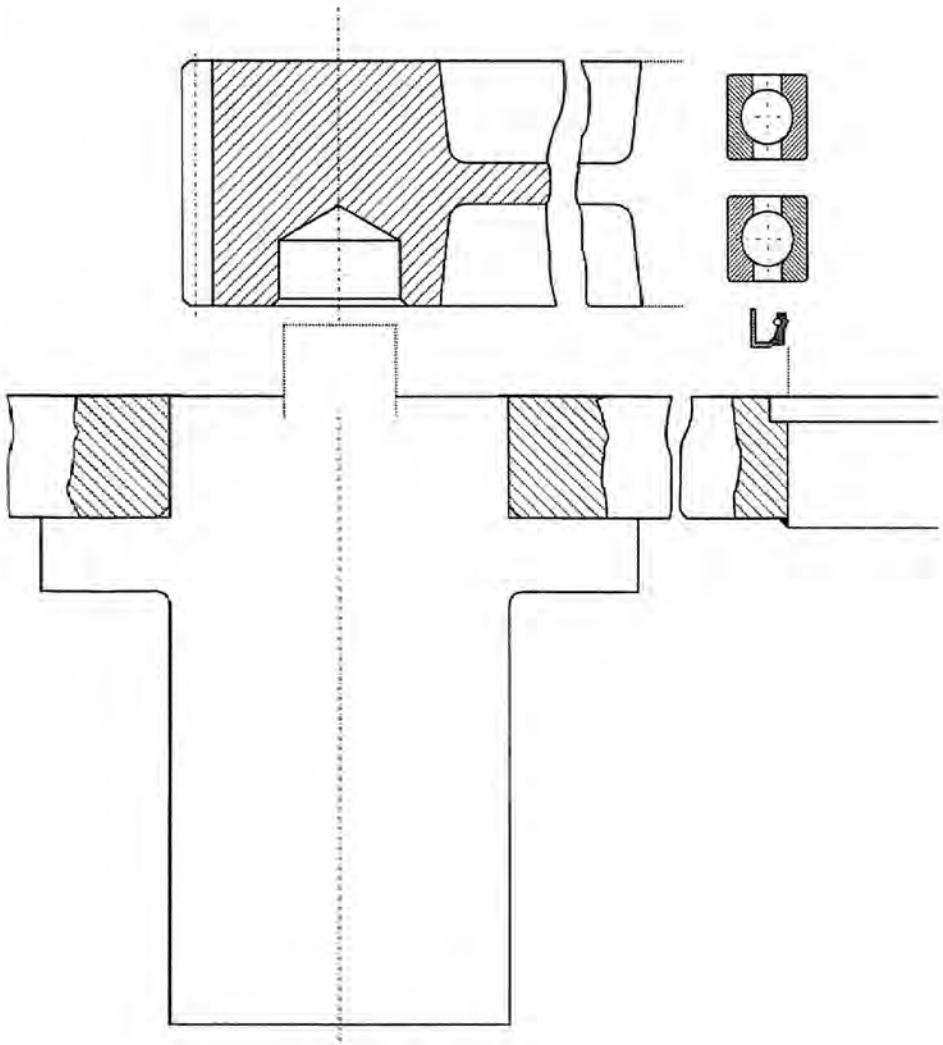
Konstruieren Sie auf dem Beiblatt die funktionsfähige Vorrichtung entsprechend der in Bild 2 gezeigten Prinzipskizze. Beachten Sie dabei folgende Punkte:

- Die Prinzipskizze zeigt nur die Funktion der Vorrichtung. Montierbarkeit, Dichtheit und Herstellbarkeit der Teile ist dabei nicht berücksichtigt, soll aber in der Lösung umgesetzt werden.
- Die in der Pneumatikarretierung eingebauten Federn dürfen nicht auf Block gedrückt werden können.
- Das Einfädeln des Arretierbolzens in die Arretierbohrung soll durch geeignete Formgebung sichergestellt werden.
- Als Dichtungen für axial bewegte Teile können O-Ringe verwendet werden.
- Alle Maschinenelemente wie Dichtungen, Federn usw. sind bildlich und nicht symbolisch zu zeichnen.
- Eine Verschraubung (Schraube) muss vollständig bildlich dargestellt werden. Alle anderen dürfen durch Strichpunktlinien symbolisch dargestellt werden.

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



bar := 100000 Pa

Lösung Teil 2.1 :

0. gegebene Werte

Schraube:

Elastizitätsmodul der Schraube: $E_S := 210000 \frac{N}{mm^2}$ $\mu_{ges} := 0.12$

Anzahl der Schrauben: $z := 16$

Anzugsfaktor: $k_A := 1.6$

Klemmlänge: $l_k := 40\ mm$

nicht eingeschraubte Gewindelänge: $l_2 := 23\ mm$

Behälterinnendurchmesser: $D_i := 140\ mm$

Behälteraußendurchmesser: $D_a := 230\ mm$

Nachgiebigkeit der Platten: $\delta_T := 3.056 \cdot 10^{-7} \frac{mm}{N}$ $p_g := 210 \frac{N}{mm^2}$

Krafteinleitungsfaktor: $n := 0.6$

Andere Angaben:

max. Betriebsdruck: $p_{max} := 200\ bar$

min. Betriebsdruck: $p_{min} := 0\ bar$

1. Verschraubung

1.1 Berechnung der erforderlichen Klemmkraft

$F_{Kl} := 4000\ N$

$F_{Bmax} := p_{max} \frac{\pi}{4 \cdot z} \cdot D_i^2$ $F_{Bmax} = 19242.26\ N$

$F_{Bmin} := 0\ N$

1.2 Vorauswahl der Schrauben (TB 8.13)

$F_B := F_{Bmax}$ $F_B = 19242.26\ N$

Auswahl:
Sechskantschraube DIN EN ISO 4014-M16 x 65-8.8

$d := 16\ mm$ $A_N := \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $D_2 := 14.701\ mm$ $d_w := 24\ mm$

$l_1 := l_k - l_2$ $A_N = 201.06\ mm^2$ $F_{Sp8.8} := 75300\ N$ $d_h := 17\ mm$ (Durchgangsloch)

$A_S := 157\ mm^2$ $A_1 := A_N$ $Re_{8.8} := 640 \frac{N}{mm^2}$ $M_{Sp8.8} := 194\ N\ m$

$d_3 := 13.546\ mm$ $A_1 = 201.06\ mm^2$ $A_3 := \frac{\pi}{4} \cdot (d_3)^2$

$P := 2\ mm$ $A_2 := A_3$

2.3 Erforderliche Montagevorspannkraft

$F_{VM} := k_A \cdot \left[F_{Kl} + F_B \cdot (1 - \Phi) + F_Z \right]$

Setzkraft:

$F_Z := \frac{f_Z}{\delta_S + \delta_T}$

Setzbetrag für massive Schrauben:

$f_Z := 3.29 \cdot \left(\frac{l_k}{d} \right)^{0.34} \cdot 10^{-3}\ mm$ $f_Z = 4.493 \cdot 10^{-3}\ mm$

Nachgiebigkeit der Schraube:

$$\delta_S := \frac{1}{E_S}\cdot\left(0.4\,\frac{d}{A_N} + \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + 0.5\,\frac{d}{A_3} + 0.4\,\frac{d}{A_N}\right)$$

$\delta_S = 1.73\cdot10^{-6}\ \frac{mm}{N}$

Nachgiebigkeit der Platten:

$\delta_T = 3.056\cdot10^{-7}\ \frac{mm}{N}$

$F_Z := \frac{f_Z}{\delta_S + \delta_T}$ $\quad F_Z = 2206.91\cdot N$

$\Phi := n\cdot\frac{\delta_T}{\delta_T + \delta_S}$ $\quad \Phi = 0.09$

$F_{VM} := k_A\left[F_{KI} + F_B\cdot(1-\Phi) + F_Z\right]$ $\quad F_{VM} = 37945.54\cdot N$

Überprüfung:

$F_{VM} \le F_{Sp}$

$F_{VM} = 37945.54\cdot N \le F_{Sp8.8} = 75300\cdot N$

2.4 Erforderliches Anziehmoment

$$M_A := F_{VM}\left[0.159\cdot P + \mu_{ges}\cdot\left(0.577\cdot D_2 + \frac{d_k}{2}\right)\right]$$

$$\frac{d_k}{2} = \frac{d_w + d_h}{4}$$

$$d_k := \frac{d_w + d_h}{2}$$

$d_k = 20.5\cdot mm$

$$M_A := F_{VM}\left[0.159\cdot P + \mu_{ges}\cdot\left(0.577\cdot D_2 + \frac{d_k}{2}\right)\right]$$

$M_A = 97.36\cdot N\cdot m$

für drehmomentgesteuertes Anziehen gilt:

$M_{Ax} := 0.9\cdot M_{Sp8.8}$

$M_{Ax} = 174.6\cdot N\cdot m$

$M_A = 97.36\cdot N\cdot m \le M_{Ax} = 174.6\cdot N\cdot m$

2.5 Überprüfung der Schraube

nicht erforderlich, da $F_{VM} < F_{Sp}$

2.6 Überprüfung der Flächenpressung unter dem Schraubenkopf

$p_A := \frac{F_{Smax}}{A_p}$

$p_A := \frac{F_{VM}}{A_p}$

$A_p := \frac{\pi}{4}\left(d_w^2 - d_h^2\right)$

$A_p = 225.41\cdot mm^2$

$p_A := \frac{F_{VM}}{A_p}$

$p_A = 168.34\cdot\frac{N}{mm^2}$

$p_A = 168.34\cdot\frac{N}{mm^2} \le p_g = 210\cdot\frac{N}{mm^2}$

3.7 Werte für Schraubendiagramm

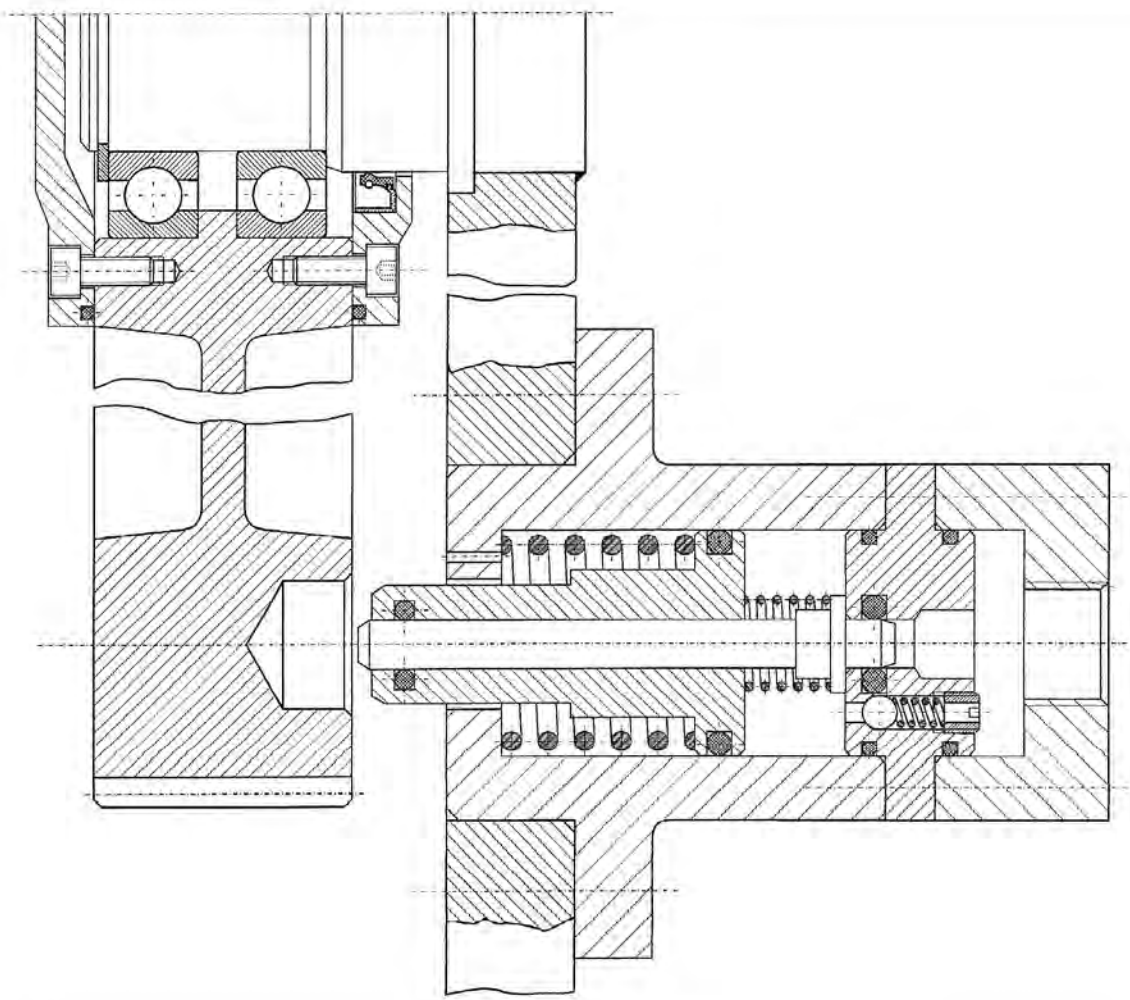
$f_{SM} := \delta_S\cdot F_{VM}$ $\quad f_{SM} = 6.565\cdot10^{-2}\cdot mm$

$f_{TM} := \delta_T\cdot F_{VM}$ $\quad f_{TM} = 1.16\cdot10^{-2}\cdot mm$

$f_{SB} := \left[\delta_S + (1-n)\cdot\delta_T\right]\cdot F_{VM}$ $\quad f_{SB} = 7.029\cdot10^{-2}\cdot mm$

$f_{TB} := n\cdot\delta_T\cdot F_{VM}$ $\quad f_{TB} = 6.958\cdot10^{-3}\cdot mm$

$F_B = 19242.26\cdot N$ $\quad F_{VM} = 37945.54\cdot N$



INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 1	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **KEINE**

Wiederholer: ☐ ja ☐ nein (Zutreffendes bitte ankreuzen)

Der Termin für die mündliche Nachprüfung von Studenten, die diese schriftliche Prüfung als Wiederholungsprüfung ablegen und nicht bestehen, wird durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab dem xx.xx.xxxx durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Wiederholer sind verpflichtet, die Liste einzusehen oder am Institut zu erfragen und sich für die Nachprüfung bereitzuhalten.

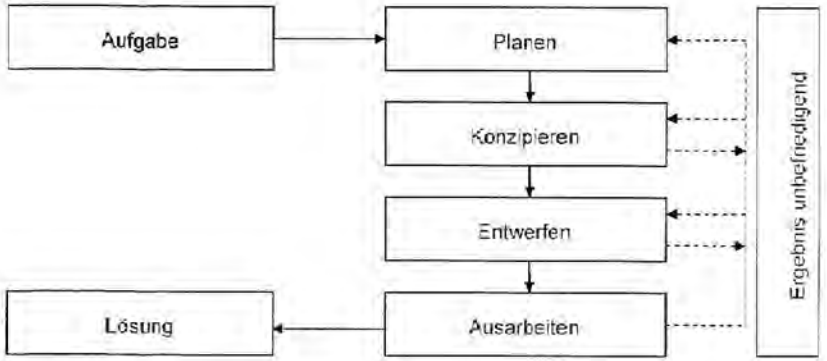
(Unterschrift)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ

Bitte benutzen Sie so weit wie möglich die Aufgabenblätter zur Beantwortung!

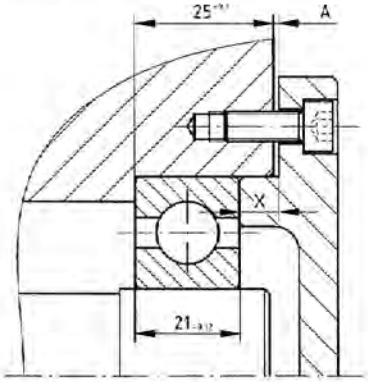
Aufgabe 1.1 (6 Punkte)

Ergänzen Sie das untenstehende Schaubild der Phasen eines Konstruktionsprozesses.



Aufgabe 1.2 (4 Punkte)

Ein Rillenkugellager wird axial im Gehäuse durch Gehäusebund und Lagerdeckel festgelegt.



a) Berechnen Sie das erforderliche Maß X, bei dem das Mindestmaß A_{min}=0,08 mm nicht unterschritten wird.

X = 0,08mm + (25+0,1)mm – (21-0,12)mm = 4,3mm

b) Wie groß kann A (A_{max}) werden, wenn das Maß X folgende Abmaße aufweist: $X^{+0,1}$?

A_{max} = (4,3+0,1)mm + 21mm – 25mm = 0,4mm

c) Die Welle habe am Lagersitz die Toleranz k6 ($Ø34^{+0,015}_{+0,002}$), der Innensitz des Kugellagers hat die Abmaße $Ø34^{0}_{-0,01}$. Wie groß sind maximales Spiel (oder maximales Übermaß) und minimales Spiel (oder minimales Übermaß) am Lagersitz?

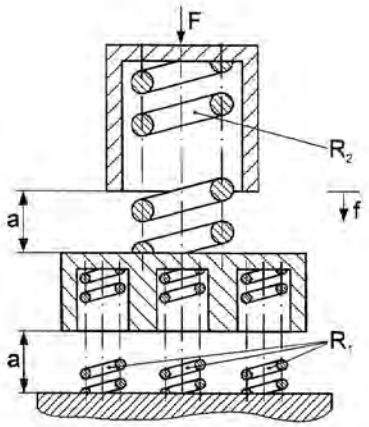
Maximales Übermaß: $Ü_g = G_{uB} - G_{oW} = -25\ \mu m$

Minimales Übermaß: $Ü_k = G_{oB} - G_{uW} = -2\ \mu m$

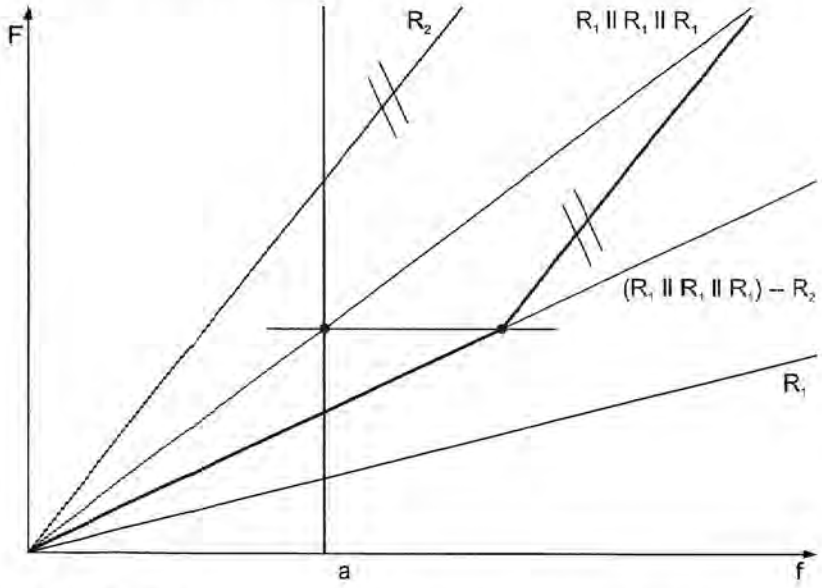
Aufgabe 1.3 (7 Punkte)

Gegeben ist das abgebildete Federsystem. Die Kraft F wirkt an der oberen Hülse. Für die Federraten gilt: $R_2 = 5 \cdot R_1$.

Abstand a = unbelasteter Zustand.



a) Zeichnen Sie die Federkennlinie des Systems.
Verwenden Sie dabei die Länge a.



b) Geben Sie die Federraten des Systems in den verschiedenen Bereichen in Abhängigkeit von R_1 an.

Bereich 1: $$\frac{1}{R_{B,1}} = \frac{1}{(R_1 + R_1 + R_1)} + \frac{1}{R_2} = \frac{8}{15\,R_1} \Rightarrow R_{B,1} = \frac{15}{8} R_1$$

Bereich 2: $R_{B,2} = R_2 = 5\,R_1$

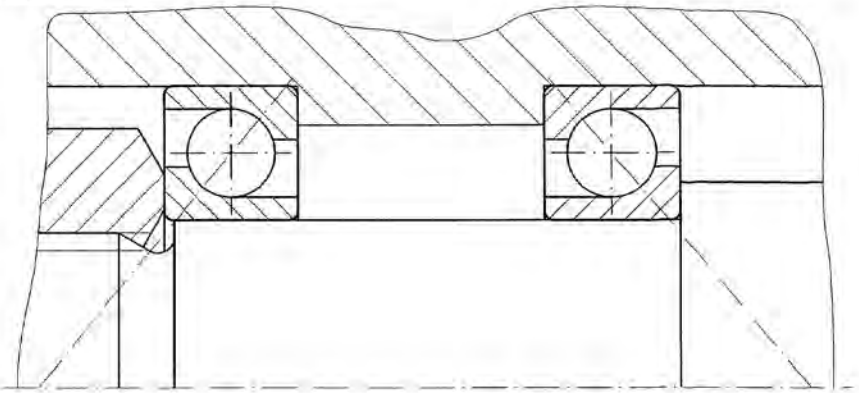
Aufgabe 1.4 (6 Punkte)

In welche 3 Gruppen lassen sich Verbindungselemente hinsichtlich ihres Wirkprinzips einordnen? Nennen Sie zu jeder Gruppe mindestens 2 Beispiele!

Stoffschluss:	Löten, Kleben, Schweißen
Reibschluss:	Spannelemente, Klemmsitz, Presssitz (Warmniete, Haftschraube, Kegel, Längskeil)
Formschluss:	Bolzen, Stift, Splint, Niete, Sicherungsring, Sprengring, Passfederverbindung, Keilwelle/Keilnabe, Passschraube

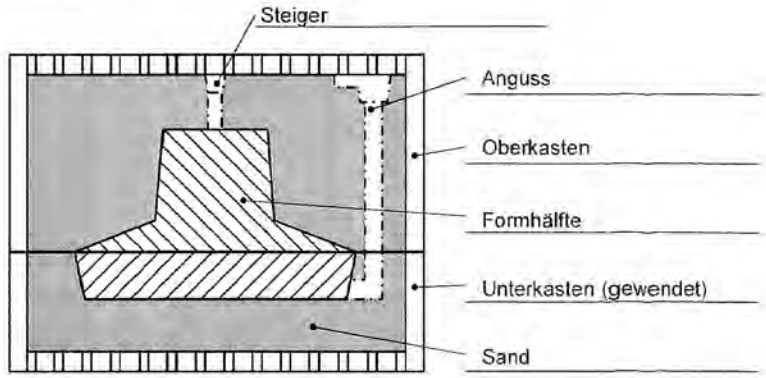
Aufgabe 1.5 (6 Punkte)

Skizzieren Sie eine angestellte Lagerung in O-Anordnung mit Schrägkugellagern im Halbschnitt.



Aufgabe 1.6 (6 Punkte)

Beschriften Sie den prinzipiellen Formenaufbau



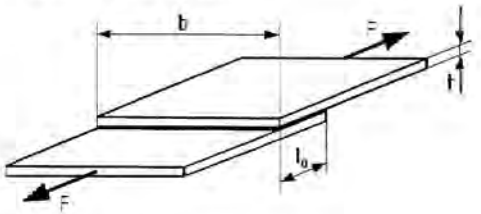
Aufgabe 1.7 (1 Punkt)

Wie ist der Ungleichförmigkeitsgrad δ eines Kreuzgelenkes (Kardangelenkes) definiert?

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{mittel}} = \frac{\omega_{2max} - \omega_{2min}}{\omega_1} \quad \text{oder} \quad \delta = \tan\alpha \cdot \sin\alpha \quad \text{(eine Formel genügt)}$$

Aufgabe 1.8 (6 Punkte)

Zwei Bleche aus S235 (R_m = 340 N/mm², t = 1 mm) sind durch Kleben (τ_B= 14 N/mm²) zu verbinden. Durch die Kraft F wird sowohl im Blech als auch in der Klebung die jeweils maximal zulässige Spannung erreicht (Sicherheitsfaktoren S_B=1,7; S_K=3,5). Wie groß muss die Überlappung l_0 mindestens gewählt werden?



Zugspannung im Blech:

$$\sigma_z = \frac{F}{A_{Blech}} = \frac{F}{b \cdot t}, \quad \sigma_{z,zul} = \frac{R_m}{S_B} = \frac{340}{1{,}7}\frac{N}{mm^2} = 200\frac{N}{mm^2}, \quad \sigma_{z,zul} = \sigma_z\left(= \frac{F}{b \cdot t}\right) \qquad (1.8.1)$$

Scherspannung in der Klebung:

$$\tau_K = \frac{F}{A_{Klebung}} = \frac{F}{b \cdot l_0}, \quad \tau_{K,zul} = \frac{\tau_B}{S_K} = \frac{14}{3{,}5}\frac{N}{mm^2} = 4\frac{N}{mm^2}, \quad \tau_{K,zul} = \tau_K\left(= \frac{F}{b \cdot l_0}\right) \qquad (1.8.2)$$

Beide zulässige Spannungen werden durch dieselbe Kraft F hervorgerufen. Gleichung (1.8.1) und Gleichung (1.8.2) ergeben dann:

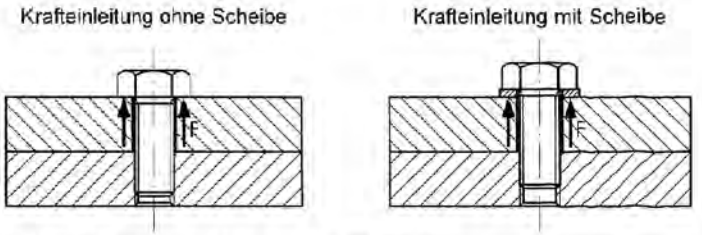
$$\tau_{K,zul} \cdot b \cdot l_0 = F = \sigma_{z,zul} \cdot b \cdot t \quad \text{bzw.} \quad \tau_{K,zul} \cdot l_0 = \sigma_{z,zul} \cdot t \qquad (1.8.3)$$

$$\Rightarrow \quad l_0 = \frac{\sigma_{z,zul} \cdot t}{\tau_{K,zul}} = \frac{200\frac{N}{mm^2} \cdot 1mm}{4\frac{N}{mm^2}} = 50mm \qquad (1.8.4)$$

Die Länge l_0 der Überlappung muss mindestens 50 mm betragen.

Aufgabe 1.9 (8 Punkte)

Durch eine Konstruktionsänderung (siehe Bild) wird eine dynamisch belastete vorgespannte Schraubenverbindung zusätzlich mit einer Scheibe versehen. Die Vorspannkraft und die Betriebskraft bleiben unverändert.



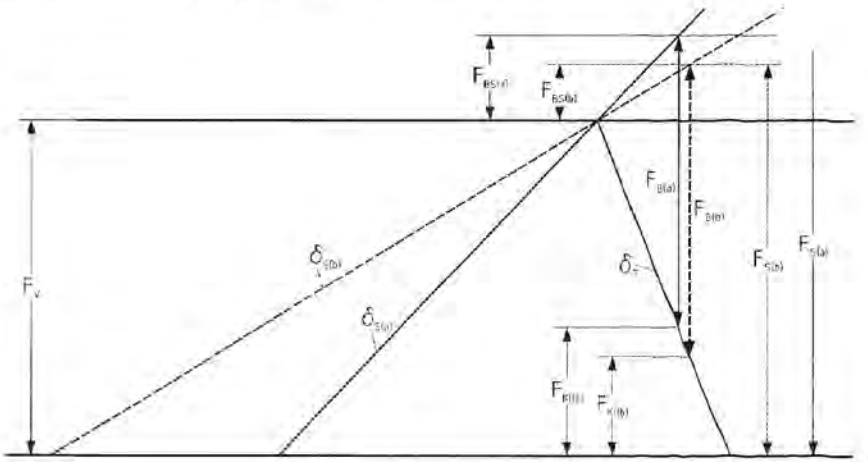
a) Zeichnen Sie ein Verspannungsschaubild für die vorgespannte Schraubenverbindung ohne Scheibe (qualitativ). Tragen Sie die Schraubennachgiebigkeit δ_S, Nachgiebigkeit der verspannten Teile δ_T, Betriebskraft F_B, Schraubenkraft $F_{S\,max}$, Schraubenzusatzkraft F_{BS} und Restklemmkraft F_{Kl} ein.

b) Zeichnen Sie in das Verspannungsschaubild aus a) qualitativ die Veränderungen (mit anderer Farbe oder Strichart) für den Betriebszustand mit untergelegter Scheibe ein.

c) Welchen Einfluss hat der E-Modul der Scheibe auf die Änderung der Schraubenzusatzkraft F_{BS}?

d) Kann durch eine geeignete Werkstoffauswahl für die Unterlegscheibe erreicht werden, dass die Schraubenzusatzkräfte F_{BS} konstant bleiben ($F_{BS,\,ohne\ Scheibe} = F_{BS,\,mit\ Scheibe}$)? Begründung!

a) und b) (keinen roten Stift verwenden!):



c) und d):

c) Je kleiner der E-Modul der Scheibe, desto kleiner ist δ_S, d. h. die „Schraube" ist entsprechend weicher. (Bei der gegebenen Krafteinleitung „gehört" die Scheibe zur Schraube)

d) Nein, selbst wenn die Scheibe unendlich steif wäre, ist allein schon δ_S geringer, da die Länge der Schraube um die Dicke der Scheibe länger wird.

Aufgabe 1.10 (10 Punkte)

Bemaßen Sie die auf der folgenden Seite dargestellte Welle (Maßstab 1:1) funktions- und fertigungsgerecht mit Angabe aller Oberflächenrauheiten und Passungen.

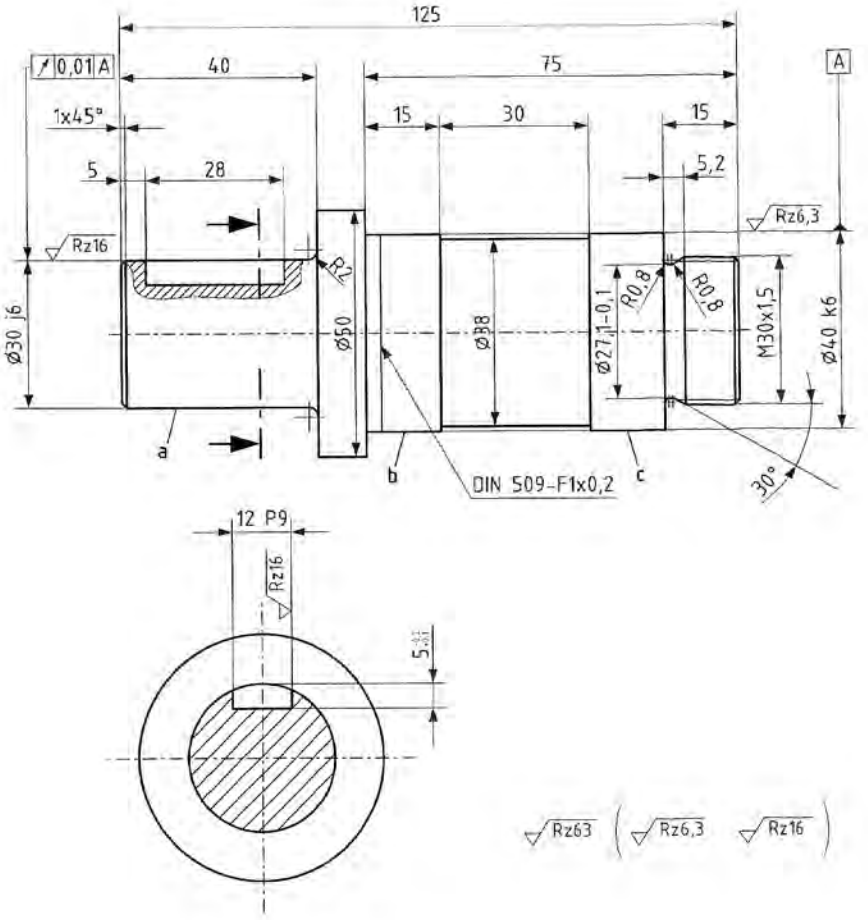
Der Zapfen *a* mit Passfedernut (Wellennuttiefe: t_1 = 5 mm, zulässige Abweichung +0,1...0,2 mm; Breite b = 12 mm, fester Sitz) dient zur Aufnahme eines Zahnrades, das mit einer Übergangspassung (System Einheitsbohrung) auf dem Zapfen sitzt.

Entnehmen Sie alle Maße der Zeichnung.

Die Welle ist an den Stellen *b* und *c* in zwei Rillenkugellagern gelagert.

Die Rundlaufabweichung des Zapfens *a* bezüglich der Lagerstellen *b* und *c* sollte 0,01 mm nicht überschreiten.

Toleranzen:	
Durchmesser Zapfen *a*:	j6
Durchmesser Lageraufnahme *b* und *c*:	k6
Nutbreite	P9
Oberflächen:	
Zapfen *a*	R_z 16
Lageraufnahme *b* und *c*:	R_z 6,3
Allgemein:	R_z 63



INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 2	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **ALLE**

Aufgabe 2.1 Schweißnahtberechnung (30 Punkte)

Ein als Schweißkonstruktion ausgeführter Projektionstisch wird an der Wand befestigt. Die Schraubplatte ist mit dem Längsträger durch eine umlaufenden Naht verschweißt (Naht 2, Kehlnaht). Die Querträger sind mit dem Längsträger ebenfalls durch Schweißnähte verbunden (Naht 1). Die Konstruktion ist durch das Gewicht des Projektors sowie durch das Eigengewicht ruhend belastet (Bild 1).

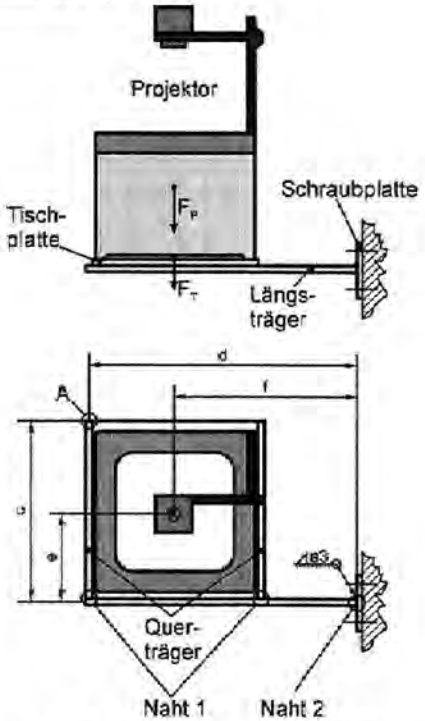


Bild 1: Befestigung Projektionstisch

Werte:

Gewichtskräfte:	Projektor:	F_P = 300 N
	Tisch:	F_T = 100 N
Abmessungen:	c = 400 mm	
	d = 600 mm	
	e = 200 mm	
	f = 400 mm	
Alle Profile (Quadratischer Querschnitt):		
	Kantenlänge:	b = 30 mm
	Wandstärke:	s = 3 mm
Naht 2:	Nahtdicke:	a = 3 mm
	Widerstandsmoment gegen Biegung:	W_{b2} = 4200 mm³
	nachgewiesene Nahtgüte:	v_2 = 1
	Streckgrenze	R_e = 170 N/mm²

1. Welche Kräfte und Momente treten in der Naht 1 auf? Welche Spannungsarten ergeben sich aus diesen Kräften und Momenten? Benennen Sie diese Spannungsarten mit den üblichen Kurzzeichen. Geben Sie die Spannungsarten in Abhängigkeit von den gegebenen Größen an (keine Zahlenwerte). Es darf keine Spannung vernachlässigt werden.
2. Führen Sie den Spannungsnachweis für die Naht 2 durch und weisen Sie die vorhandene Sicherheit nach.
   Berechnen Sie dabei das Widerstandsmoment gegen Torsion mit Hilfe der Bredt'schen Formel.
3. Führt eine zusätzliche nach unten gerichtete Belastung (z.B. durch den Vortragenden) von F_{Vor} = 750 N im Punkt A zum Versagen der Naht 2?
   Falls Sie 2. nicht gelöst haben, nehmen Sie das Widerstandsmoment gegen Torsion mit W_{t2} = 6500 mm³ an.

Aufgabe 2.2 Einstufiges Getriebe mit Öltauchschmierung (30 Punkte)

Im Bild 2 sehen Sie die Prinzipskizze eines einstufigen Getriebes mit Öltauchschmierung.

Das auf der Antriebswelle 0 befestigte Ritzel 1 treibt das Rad 2 und die Abtriebswelle 3 an.

Die Deckel 4, 5, 6 und 7 dienen der axialen Sicherung der Lager und tragen gegebenenfalls die Wellendichtungen.

Vervollständigen Sie das Getriebe auf dem beigefügten Arbeitsblatt. Beachten Sie dabei folgende Punkte:

1. Die Prinzipskizze zeigt nur die Funktion der Vorrichtung. Montierbarkeit, Dichtheit und Herstellbarkeit der Teile sind dabei nicht berücksichtigt, sollen aber in der Lösung umgesetzt werden.
2. Das Gehäuse soll als Gussteil ausgeführt werden.
3. Formschlüssige Verbindung – Passfeder: Ritzel / Antriebswelle
4. Formschlüssige Verbindung – Passfeder: Rad / Abtriebswelle
5. Lagerung der Antriebswelle 0: angestellt in X-Anordnung
6. Lagerung der Abtriebswelle 3: Fest-/Loslagerung
7. Eine Verschraubung (Schraube) muss vollständig bildlich dargestellt werden. Alle anderen dürfen durch Strichpunktlinien symbolisch dargestellt werden.
8. Gehäuseabdichtung (O-Ringe)
9. Wellendichtungen (sind in der Vorlage symbolisch eingezeichnet)

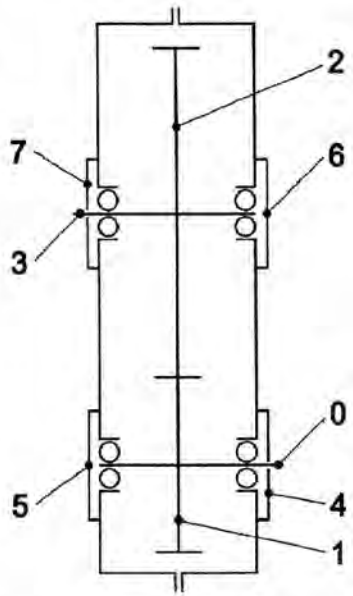
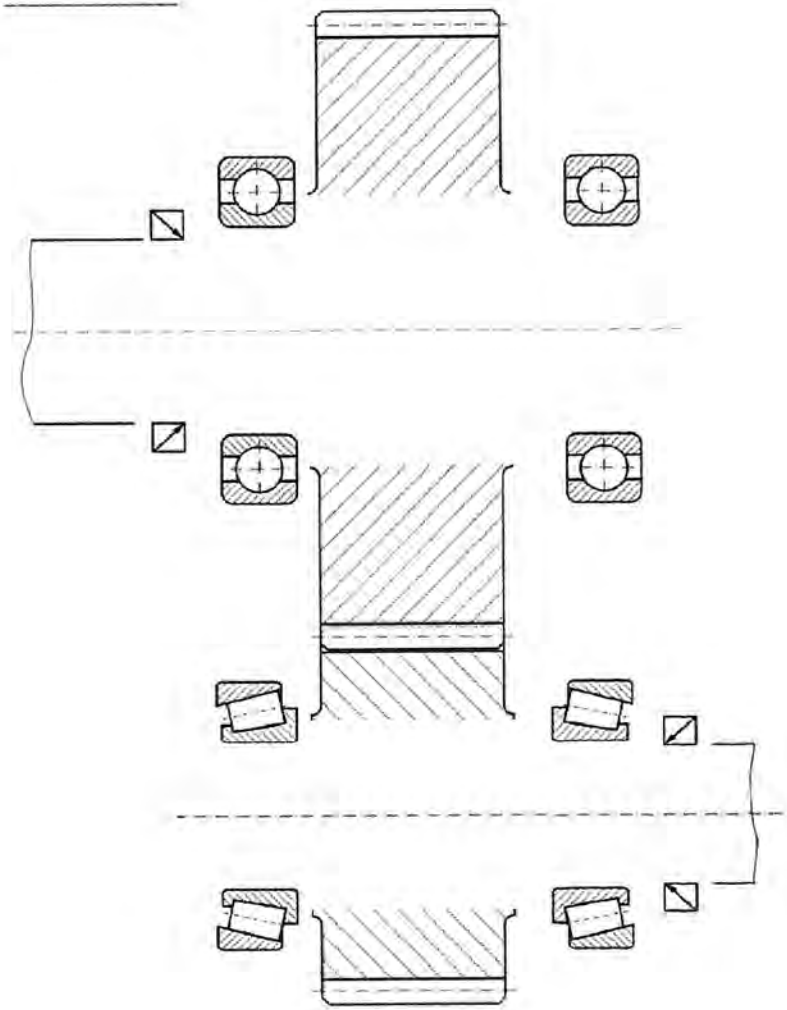


Bild 2: Prinzipskizze des einstufigen Getriebes mit Öltauchschmierung

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



0. Gegebene Daten

Schweißnahtstärke: $a := 3\ mm$

Alle Profile: Vierkant $b := 30\ mm$

$s := 3\ mm$

Gewichtskraft Projektor: $F_P := 300\ N$

Gewichtskraft Tisch: $F_T := 100\ N$

Abmessungen: $c := 400\ mm$

$d := 600\ mm$

$e := 200\ mm$

$f := 400\ mm$

Widerstandsmoment gegen Biegung Naht 2:

$W_{b2} := 4200\ mm^3$

$R_e := 170\ \frac{N}{mm^2}$

Belastung durch Vortragenden:

$F_{Vor} := 750\ N$

1 Spannungen in Schweißnaht 1

Belastungen in der Schweißnaht: Schub und Biegung

$F_{Q1} := F_P + F_T$ $F_{Q1} = 400 \cdot N$

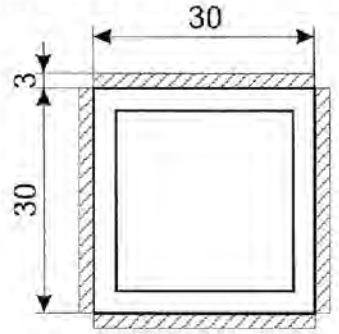
$M_{b1} := F_{Q1} \cdot \left(e - \frac{b}{2}\right)$ $M_{b1} = 74 \cdot N \cdot m$

a) Schubspannung $\tau_{s1} := \frac{F_{Q1}}{A_1}$

b) Biegespannung $\sigma_b := \frac{M_{b1}}{W_{b1}}$

2 Festigkeitsnachweis der Schweißnaht 2

2.1 Nahtverlauf und Nahtabmessungen festlegen (Vereinfachten Querschnitt wählen)



2.2 Belastungsart bestimmen

Beanspruchungen in der Schweißnaht: Schub, Biegung, Torsion

2.3 Belastungsfall prüfen

Überwiegend statische Belastung

2.4 Kenngrößen der Schweißnaht ermitteln

Schweißnahtdicke: $a = 3 \cdot mm$

2.5 Schnittgrößen (Kräfte und Momente) in der Schweißnaht ermitteln

$F_{Q2} := F_P + F_T$ $F_{Q2} = 400 \cdot N$

$M_{b2} := F_{Q2} \cdot l$ $M_{b2} = 160 \cdot N \cdot m$

$M_{t2} := F_{Q2} \cdot e$ $M_{t2} = 80 \cdot N \cdot m$

2.6 Nennspannungen und Vergleichsspannungen ermitteln

a) Torsion $\tau_{t2} := \frac{M_{t2}}{W_{t2}}$

$W_{t2} := 2 \cdot A_m \cdot a$

$A_m := \left(b + 2 \cdot \frac{a}{2}\right)^2$ $A_m = 1089 \cdot mm^2$

$W_{t2} := 2 \cdot A_m \cdot a$ $W_{t2} = 6.534 \cdot m \cdot mm^2$

$\tau_{t2} := \frac{M_{t2}}{W_{t2}}$ $\tau_{t2} = 12.244 \cdot \frac{N}{mm^2}$

b) Schubspannung $\tau_{s2} := \frac{F_{Q2}}{A_{S2}}$

Hohlquerschnitt: $A_{SH2} := 2 \cdot a \cdot b$ $A_{SH2} = 180\ mm^2$

Vollquerschnitt: $A_{SV2} := 4 \cdot a \cdot b + 4 \cdot a^2$ $A_{SV2} = 396\ mm^2$

Hohlquerschnitt: $\tau_{sH2} := \frac{F_{Q2}}{A_{SH2}}$ $\tau_{sH2} = 2.222\ \frac{N}{mm^2}$

Vollquerschnitt: $\tau_{sV2} := \frac{F_{Q2}}{A_{SV2}}$ $\tau_{sV2} = 1.01\ \frac{N}{mm^2}$

c) Biegespannung $\sigma_{b2} := \frac{M_{b2}}{W_{b2}}$ $\sigma_{b2} = 38.095\ \frac{N}{mm^2}$

Vergleichsspannung:

$\sigma_{bw} := \sigma_{b2}$ $\sigma_{zw} := 0 \cdot \frac{N}{mm^2}$

$v_{x1} := 0.8$ $v_{b1} := 0.8$ $v_{z1} := 0.8$ $v_{s1} := 0.8$

Hohlquerschnitt: $\tau_{wH} := \left(\tau_{sH2} + \tau_{t2}\right)$

Vollquerschnitt: $\tau_{wV} := \left(\tau_{sV2} + \tau_{t2}\right)$

Hohlquerschnitt:

$$\sigma_{vwH} := \sqrt{\left(\sigma_{bw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{zw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{z1}}\right)^2 + 1.8 \cdot \left(\tau_{wH} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}}\right)^2}$$

$\sigma_{vwH} = 42.754\ \frac{N}{mm^2}$

Vollquerschnitt:

$$\sigma_{vwV} := \sqrt{\left(\sigma_{bw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{zw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{z1}}\right)^2 + 1.8 \cdot \left(\tau_{wV} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}}\right)^2}$$

$\sigma_{vwV} = 42.041\ \frac{N}{mm^2}$

2.7 Beiwerte v_1 und v_2 bestimmen

$v_2 := 1$ (nachgewiesene Nahtgüte)

2.8 Werkstoff wählen und Werkstoffkenngrößen ermitteln

$R_e = 170\ \frac{N}{mm^2}$

2.9 Sicherheitsbeiwert S festlegen

(wird im Schritt 2.11 berechnet)

2.10 Zulässige Grenzwerte für die Spannungen ermitteln

$\sigma_{wzul} := v_{x1} \cdot v_2 \cdot \frac{R_e}{S} \leq \sigma_{vw}$

2.11 Prüfen, ob auf den Belastungsfall zutreffende Bedingungen erfüllt sind

Hohlquerschnitt:

$S := v_{x1} \cdot v_2 \cdot \frac{R_e}{\sigma_{vwH}}$ $S = 3.181$

--> Schweißnaht hält

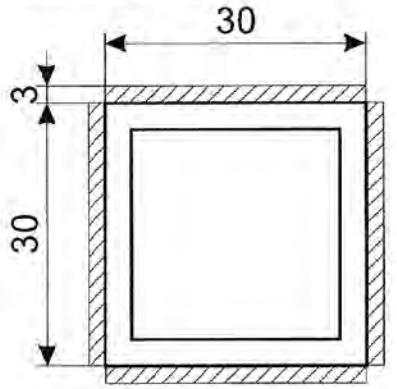
Vollquerschnitt:

$S := v_{x1} \cdot v_2 \cdot \frac{R_e}{\sigma_{vwV}}$ $S = 3.235$

--> Schweißnaht hält

3 Festigkeitsnachweis der Schweißnaht 2

3.1 Nahtverlauf und Nahtabmessungen festlegen (Vereinfachten Querschnitt wählen)



3.2 Belastungsart bestimmen

Beanspruchungen in der Schweißnaht: Schub, Biegung, Torsion

3.3 Belastungsfall prüfen

Überwiegend statische Belastung

3.4 Kenngrößen der Schweißnaht ermitteln

Schweißnahtdicke: $a = 3\,mm$

3.5 Schnittgrößen (Kräfte und Momente) in der Schweißnaht ermitteln

$F_{Q2} := F_P + F_T + F_{Vor}$ $F_{Q2} = 1150\,N$

$M_{b2} := (F_P + F_T)\cdot f + F_{Vor}\cdot d$ $M_{b2} = 610\,N\cdot m$

$M_{t2} := (F_P + F_T)\cdot e + F_{Vor}\cdot c$ $M_{t2} = 380\,N\cdot m$

3.6 Nennspannungen und Vergleichsspannungen ermitteln

a) Torsion

$W_{t2} := 6500\,mm^3$ (gegeben)

$\tau_{t2} := \frac{M_{t2}}{W_{t2}}$ $\tau_{t2} = 58.462\,\frac{N}{mm^2}$

b) Schubspannung $\tau_{s2} := \frac{F_{Q2}}{A_{S2}}$

Hohlquerschnitt: $A_{SH2} := 2\cdot a\cdot b$ $A_{SH2} = 180\,mm^2$

Vollquerschnitt: $A_{SV2} := 4\cdot a\cdot b + 4\cdot a^2$ $A_{SV2} = 396\,mm^2$

Hohlquerschnitt: $\tau_{sH2} := \frac{F_{Q2}}{A_{SH2}}$ $\tau_{sH2} = 6.389\,\frac{N}{mm^2}$

Vollquerschnitt: $\tau_{sV2} := \frac{F_{Q2}}{A_{SV2}}$ $\tau_{sV2} = 2.904\,\frac{N}{mm^2}$

c) Biegespannung $\sigma_{b2} := \frac{M_{b2}}{W_{b2}}$ $\sigma_{b2} = 145.238\,\frac{N}{mm^2}$

Vergleichsspannung:

$\sigma_{bw} := \sigma_{b2}$ $\sigma_{zw} := 0\cdot\frac{N}{mm^2}$ $\tau_w := (\tau_{s2} + \tau_{t2})$

$v_{x1} := 0.8$ $v_{b1} := 0.8$ $v_{z1} := 0.8$ $v_{s1} := 0.8$

Hohlquerschnitt: $\tau_{wH} := (\tau_{sH2} + \tau_{t2})$

Vollquerschnitt: $\tau_{wV} := (\tau_{sV2} + \tau_{t2})$

Hohlquerschnitt:

$$\sigma_{vwH} := \sqrt{\left(\sigma_{bw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{zw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{z1}}\right)^2 + 1.8\cdot\left(\tau_{wH}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{s1}}\right)^2}$$

$\sigma_{vwH} = 169.305\,\frac{N}{mm^2}$

Vollquerschnitt:

$$\sigma_{vwV} := \sqrt{\left(\sigma_{bw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{zw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{z1}}\right)^2 + 1.8\cdot\left(\tau_{wV}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{s1}}\right)^2}$$

$\sigma_{vwV} = 166.95\,\frac{N}{mm^2}$

3.7 Beiwerte v_1 und v_2 bestimmen

$v_2 := 1$ (nachgewiesene Nahtgüte)

3.8 Werkstoff wählen und Werkstoffkenngrößen ermitteln

$R_e = 170\,\frac{N}{mm^2}$

3.9 Sicherheitsbeiwert S festlegen

(wird im Schritt 2.11 berechnet)

3.10 Zulässige Grenzwerte für die Spannungen ermitteln

$\sigma_{wzul} := v_{x1}\cdot v_2\cdot\frac{R_e}{S} \le \sigma_{vw}$

3.11 Prüfen, ob auf den Belastungsfall zutreffende Bedingungen erfüllt sind

Hohlquerschnitt:

$S := v_{x1}\cdot v_2\cdot\frac{R_e}{\sigma_{vwH}}$ $S = 0.803$

--> Schweißnaht hält nicht

Vollquerschnitt:

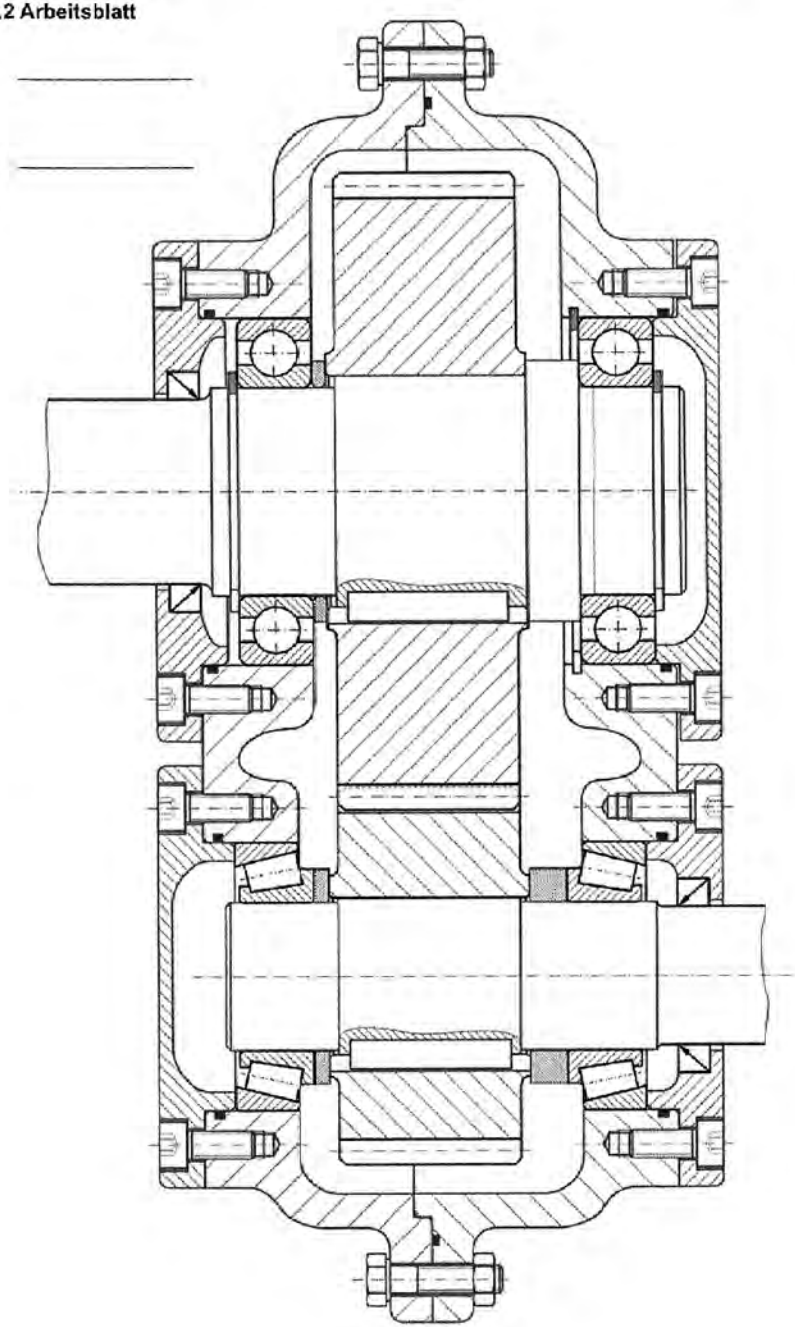
$S := v_{x1}\cdot v_2\cdot\frac{R_e}{\sigma_{vwV}}$ $S = 0.815$

--> Schweißnaht hält nicht

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II mit Grundzüge der Apparatekonstruktion

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL **1**	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **KEINE**

Wiederholer: ☐ ja ☐ nein (Zutreffendes bitte ankreuzen)

Der Termin für die mündliche Nachprüfung von Studenten, die diese schriftliche Prüfung als Wiederholungsprüfung ablegen und nicht bestehen, wird durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab dem xx.xx.xxxx durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Wiederholer sind verpflichtet, die Liste einzusehen oder am Institut zu erfragen und sich für die Nachprüfung bereitzuhalten.

(Unterschrift)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ

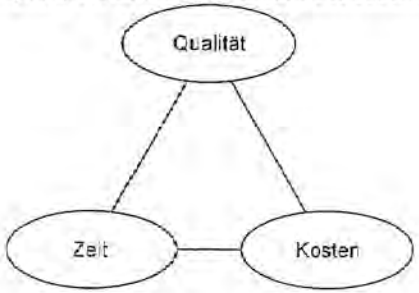
Bitte benutzen Sie so weit wie möglich die Aufgabenblätter zur Beantwortung!

Aufgabe 1.1 (12 Punkte)

a) Welche Konstruktionsarten gibt es?

Neukonstruktion, Anpassungskonstruktion, Variantenkonstruktion

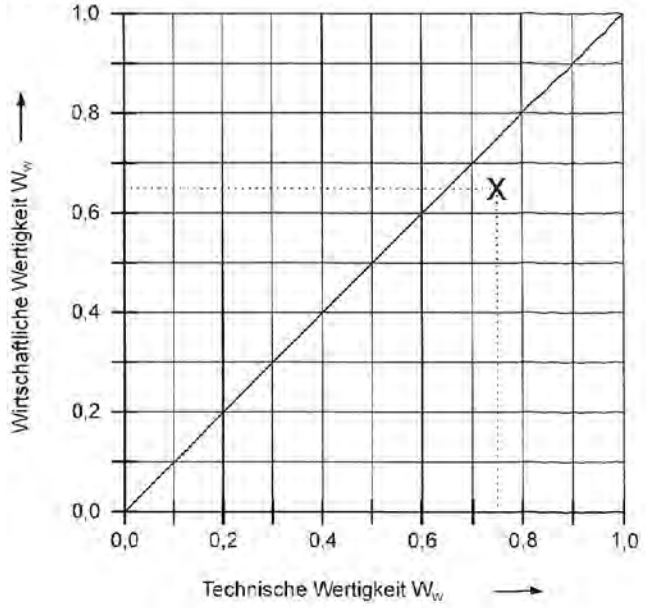
b) Zeichnen Sie das Magische Dreieck der Konstruktion und beschriften Sie es.



c) Bei einer Konstruktionsvariante wurden 4 Anforderungen mit den Erfüllungsgraden 4, 3, 2 und 3 bewertet. Geben Sie die ungewichtete technische Wertigkeit an.

$$W_t = \frac{4+3+2+3}{4 \cdot 4} = 0{,}75$$

Die wirtschaftliche Wertigkeit der Konstruktionsvariante beträgt 0,65. Beschriften bzw. vervollständigen Sie das untenstehende Wertigkeitsdiagramm und tragen Sie die Variante in das Diagramm ein.

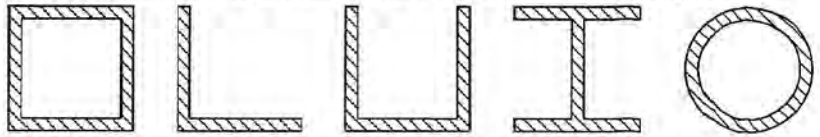


Wie ist die Variante einzuschätzen?

Gute Lösung, aber punktuell verbessern.

Aufgabe 1.2 (2 Punkte)

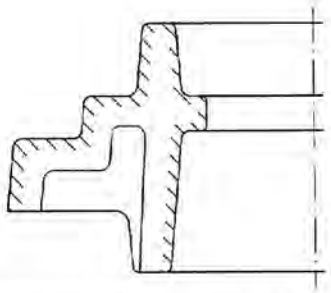
Welche der abgebildeten Trägerprofile sind für Torsionsbelastung gut geeignet?



☒ ☐ ☐ ☐ ☒

Aufgabe 1.3 (2 Punkte)

Das Bild zeigt den Querschnitt eines rotationssymmetrischen Gussteils.



a) Welche Konstruktionsregel ist bei diesem Querschnitt nicht beachtet worden?

Materialanhäufung vermeiden bzw. konstante Wanddicke bzw. starke Querschnittsänderungen vermeiden.

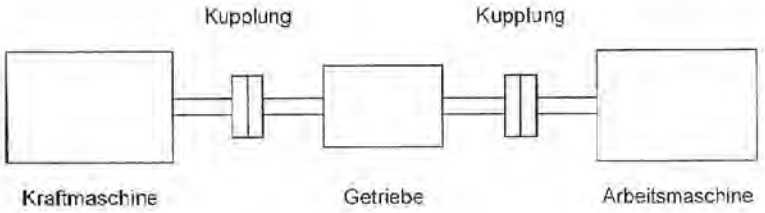
b) Bringen Sie den Querschnitt in der gegebenen Skizze in eine gusstechnisch bessere Form.

Aufgabe 1.4 (5 Punkte)

Definieren Sie Kraftmaschine, Arbeitsmaschine, Getriebe.
Zeichnen Sie das zugehörige Schemabild.

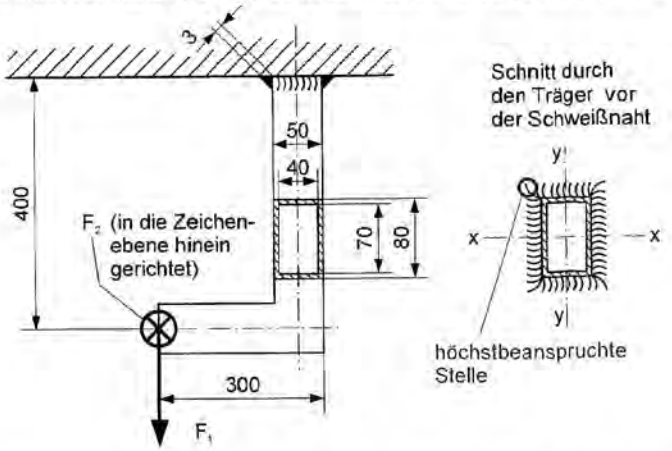
Kraftmaschinen sind Maschinen, die eine Energieform wie thermische oder elektrische Energie in mechanische Energie bzw. Arbeit umwandeln.
Arbeitsmaschinen sind Maschinen, die durch Zufuhr von mechanischer Arbeit (Antrieb durch Kraftmaschine) menschliche Arbeitskraft ersetzen können.

Getriebe leiten und ändern Drehmoment und Drehzahl und können ggf. mechanische Leistung teilen bzw. zusammenführen.



Aufgabe 1.5 (7 Punkte)

Ein Kranträger ist an eine Behälterwand angeschweißt. Die Schweißnaht ist umlaufend. Der Träger wird durch die Kräfte F_1 und F_2, die in demselben Punkt angreifen, belastet.



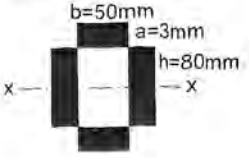
a) Geben Sie für die Schweißnaht das Widerstandsmoment gegen Torsion W_{tw} an. Betrachten sie dazu die Schweißnaht wie ein dünnwandiges Rohr.
Schreiben Sie die Formel an und setzen Sie die Zahlenwerte ein. Sie müssen das Ergebnis nicht ausrechnen.

Bredt'sche Formel $W_t = 2 \cdot a \cdot A_m = 2 \cdot 3mm \cdot (53mm \cdot 83mm)$

b) Es soll das Widerstandsmomentes der Schweißnaht gegen Biegung um die x-Achse $W_{bw,x}$ angegeben werden ($W_{bw,x} = I_x/e$).
Wie groß ist der maximale Randabstand e? e = 43mm
Geben Sie die Formel für das Flächenträgheitsmoment der Schweißnaht für die Biegung um die x-Achse an. Setzen sie die entsprechenden Zahlenwerte ein. Sie müssen das Ergebnis nicht ausrechnen.

$\left(I_{Rechteck} = \frac{b \cdot h^3}{12} \right)$

Ecken tragen nicht!



Steinerscher Satz: $I_x = I + y^2 \cdot A$;

$I_{ges} = 2 \cdot [I_1 + I_2]$

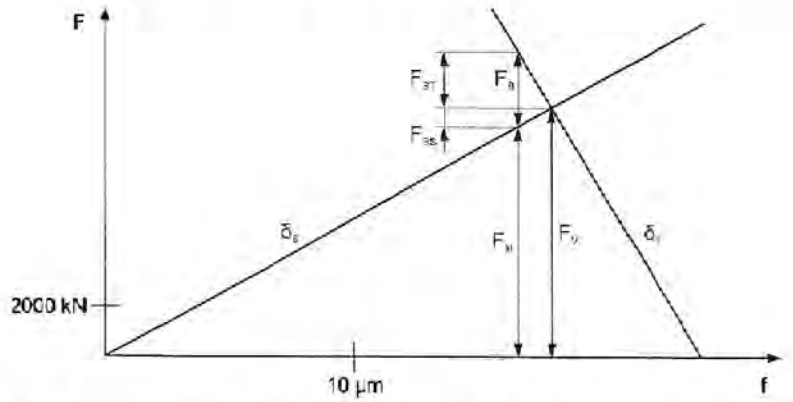
$= 2 \cdot [(a \cdot h^3)/12 + (b \cdot a^3)/12 + ((h+a)/2)^2 \cdot (a \cdot b))]$

$= 2 \cdot [(3 \cdot 80^3)/12 + (50 \cdot 3^3)/12 + ((80+3)/2)^2 \cdot (3 \cdot 50)]$ mm^4

c) Welches ist die höchstbeanspruchte Stelle der Schweißnaht? Kennzeichnen Sie diese im Schnitt rechts oben.

Aufgabe 1.6 (5 Punkte)

Folgendes Verspannungsschaubild ist gegeben:



Wie groß sind die Vorspannkraft F_V, die Nachgiebigkeit der Schraube δ_S und die Nachgiebigkeit der Teile δ_T? Tragen Sie sie im Schaubild ein.

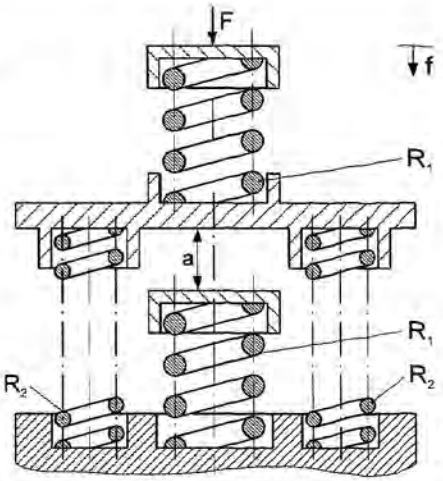
$F_V =$ 10 kN $\quad \delta_S =$ $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ mm/N $\quad \delta_T =$ $0{,}6 \cdot 10^{-5}$ mm/N

Tragen Sie die Betriebskraft F_B = -3000 N im Schaubild ein.
Zeichnen Sie zusätzlich ein: F_{BS}, F_{BT}, Klemmkraft F_{Kl}.

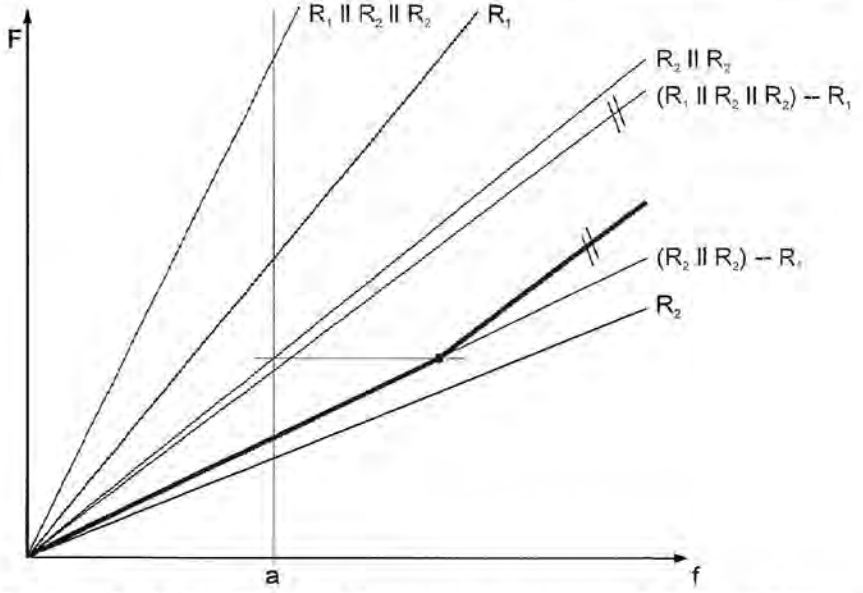
Aufgabe 1.7 (7 Punkte)

Gegeben ist das abgebildete Federsystem. Die Kraft F wirkt an der oberen Hülse. Für die Federraten gilt: $R_2 = \frac{1}{3} \cdot R_1$.

Abstand a = unbelasteter Zustand.



a) Zeichnen Sie die Federkennlinie des Systems.
Verwenden Sie dabei die Länge a.



b) Geben Sie die Federraten des Systems in den verschiedenen Bereichen in Abhängigkeit von R_1 an.

Bereich 1: $\boxed{\frac{1}{R_{B,1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{2R_2} = \frac{5}{2R_1} \Rightarrow R_{B,1} = \frac{2}{5}R_1}$

Bereich 2: $\boxed{\frac{1}{R_{B,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1 + 2R_2} = \frac{8}{5R_1} \Rightarrow R_{B,2} = \frac{5}{8}R_1}$

Aufgabe 1.8 (2 Punkte)

Worin besteht der Unterschied zwischen hermetisch dicht und technisch dicht?

Hermetisch dicht: jeglicher Stoffffluss wird unterbunden
Technisch dicht: geringer, sehr kleiner Stoffffluss

Aufgabe 1.9 (8 Punkte)

Bemaßen Sie die auf dem nächsten Blatt dargestellte Handschaltkulisse fertigungsgerecht. Die Kulisse dient zum Führen eines Handschalthebels (siehe Skizze unten).

Die Kulissenbohrung ist parallel zur Kulissengrundfläche mit 30µm zu tolerieren.

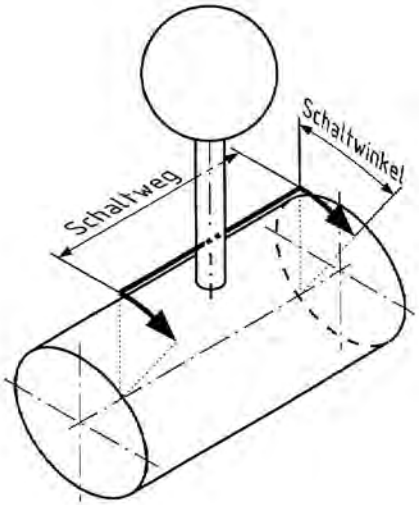
Die Kulissenbohrung ist in Kulissenlängsrichtung symmetrisch zu den beiden Seitenflächen der Kulissengrundfläche mit 30µm zu tolerieren.

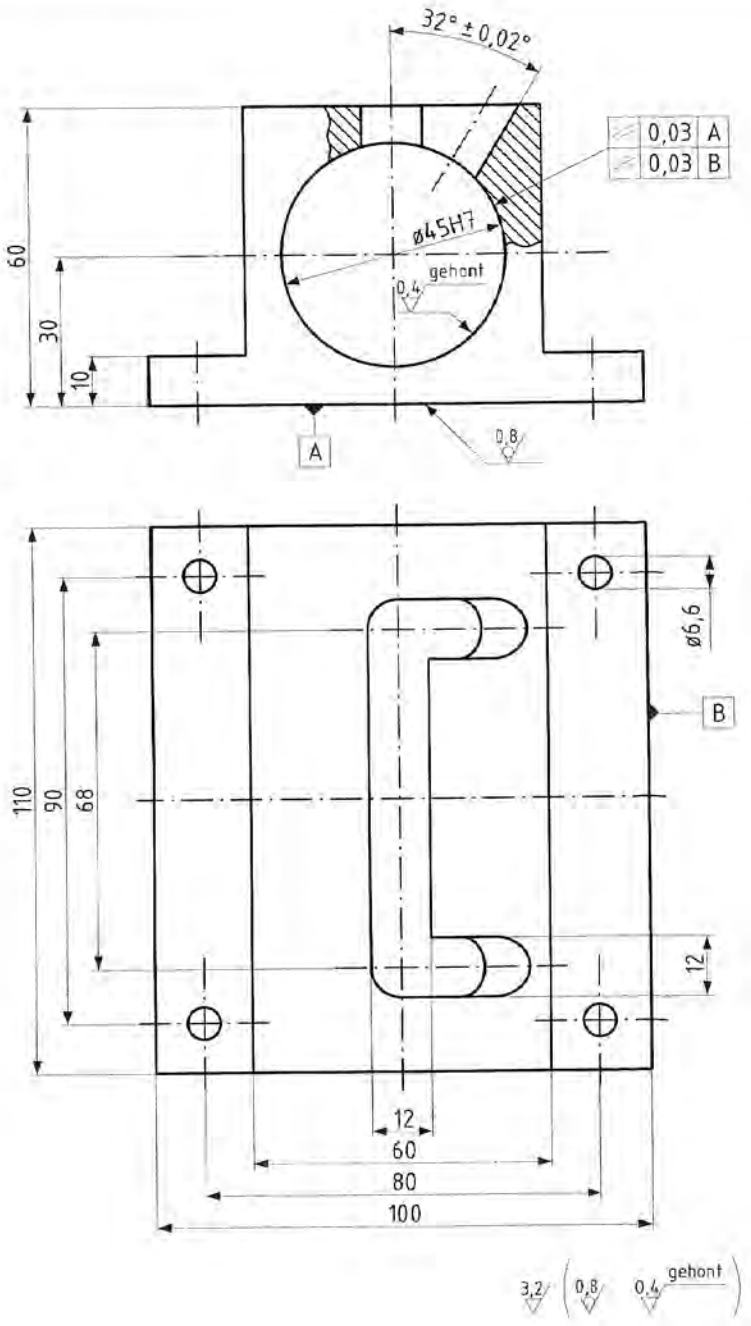
Die beiden Schaltwinkel an den Enden des Schaltwegs sind auf 0,04° genau einzuhalten.

Die Kulissengrundfläche ist spanlos mit einem R_a-Wert von 0,8 herzustellen.

Die Kulissenbohrung ist als Passung nach dem System Einheitsbohrung Qualität 7 gefertigt. Sie ist zudem gehont mit einem R_a-Wert von 0,4 herzustellen.

Alle übrigen Flächen sind mit einem R_a-Wert 3,2 herzustellen.





M 1:1

Aufgabe 1.10 (10 Punkte) **(nicht für verf. – für verf. ist Prof. Merten (ICVT) zuständig)**

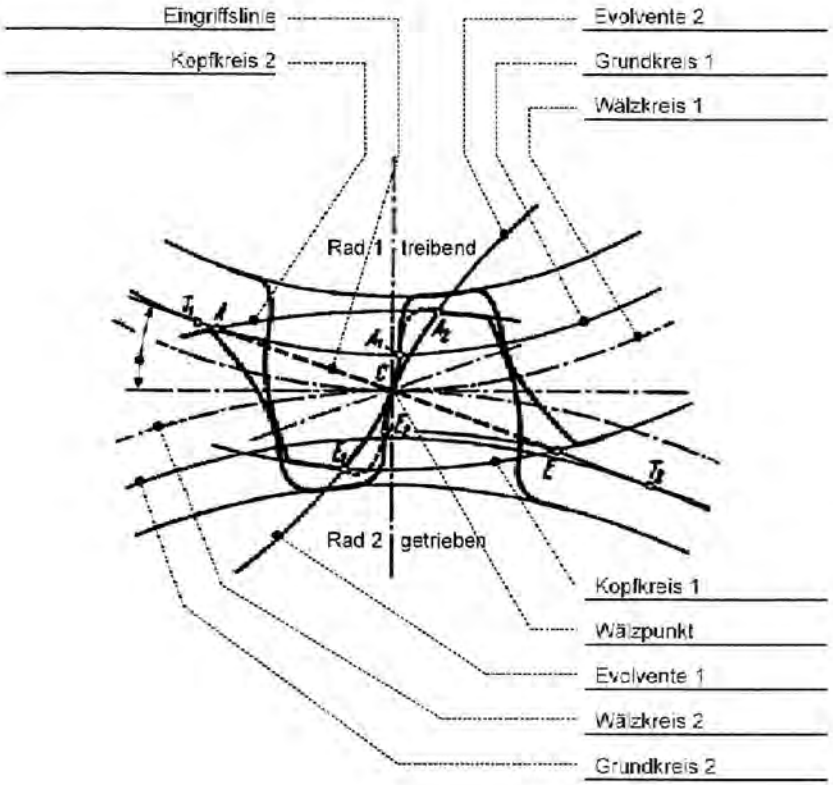
a) Nennen Sie 4 verschiedene prinzipielle Bauformen von Zahnradgetrieben.

Stirnräder, Kegelräder, Hypoidräder, Schneckenräder

b) Wie ist das Übersetzungsverhältnis definiert?

i = Drehzahl an / Drehzahl ab = Winkelgeschwindigkeit an / Winkelgeschwindigkeit ab

c) Beschriften Sie die dargestellten Zahnradausschnitte (oberes Rad 1 ist treibend) mit folgenden Bezeichnungen:
Evolvente 1 u. 2, Grundkreis 1 u. 2, Kopfkreis 1 u. 2, Wälzpunkt, Wälzkreis 1 u. 2, Eingriffslinie.



INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION
UND GETRIEBEBAU

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORSCHUNGS- UND LEHRGEBIET
TECHNISCHES DESIGN

PROF. DR.-ING. T. MAIER

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 2	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **ALLE**

Aufgabe 2.1 Lagerberechnung (30 Punkte)

In einem Inline-Skate-Schuh befinden sich 4 Rollen mit jeweils 2 Kugellagern. Wird mit den Inline-Skates im Wechselschritt gefahren ergibt sich maximal der Winkel $\alpha = 30°$ zur Straße (Bild 1). Die Kräfteverteilung für diesen ebenen Fall (X-Y-Ebene) ist im Bild 3 dargestellt. Die Lager sind in einer angestellten Lagerung eingebaut (Bild 2) und werden daher in einem Winkel $\beta=15°$ belastet.



Bild 1: Fahrt im Wechselschritt

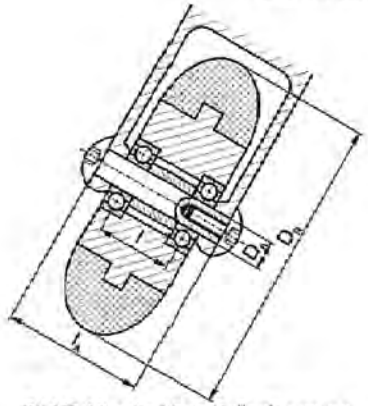


Bild 2: Konstruktion Rollenlagerung

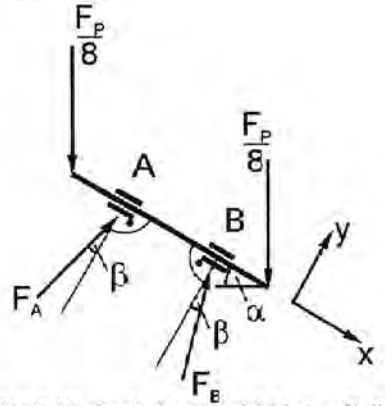


Bild 3: Mechanisches Ersatzbild einer Rolle

Werte:

Durchschnittsgeschwindigkeit	$v = 30$ km/h
Personengewicht	$F_P = 800$ N
Rollenaußendurchmesser	$D_R = 80$ mm
Gesamtlänge der Achse	$l_A = 34$ mm
Außendurchmesser Achse	$D_A = 7$mm
Winkel für Wechselschritt	$\alpha = 30°$
Lagerabstand	$l = 16$mm
Lastwinkel in den Kugellagern	$\beta = 15°$
Achsenwerkstoff ENAW-AlMg3-H111:	
Zulässige Biegespannung in der Achse	$\sigma_{bzul} = 30$ N/mm²
Dehngrenze	$R_{p0.2} = 80$ N/mm²
Größenfaktor	$b_0 = 1$
Oberflächeneinflussfaktor	$b_s = 0,9$

1. Festigkeitsberechnung der Achse zum dargestellten Zeitpunkt
   - Berechnen Sie die Lagerkräfte in den Lagern A und B.
   - Welche Belastungen sind dynamisch und welche statisch?
   - Berechnen Sie die Nennspannungen, Maximalspannungen und Vergleichsspannungen in der Lagerstelle B.
   - Führen Sie den Festigkeitsnachweis gegen Fließen in der Lagerstelle B durch.
2. Lagerauslegung
   - Weisen Sie die vorhandene Lebensdauer im Lager B nach. Verwenden Sie dazu das Lager 607.2RS.

Aufgabe 2.2 Konstruktion einer Überlastkupplung (30 Punkte)

Im Bild 4 sehen Sie die Prinzipskizze einer Überlastkupplung für den Abtrieb eines Getriebes.

Vervollständigen Sie die Überlastkupplung auf dem beigefügten Arbeitsblatt.

Beachten Sie dabei folgende Punkte:

1. Das geradverzahnte Stirnrad (1) des Getriebes ist auf einer Hülse (2) mit Wälzlagern gelagert. Die Lager sind in einer O-Anordnung angestellt.
2. Hülse (2) und Welle (3) sind formschlüssig über eine Passfeder verbunden.
3. Der Flansch (4) ist an das Stirnrad angeschraubt. Eine Verschraubung (Schraube) muss vollständig bildlich dargestellt werden. Alle anderen dürfen durch Strichpunktlinien symbolisch dargestellt werden.
4. Die Drehmomentübertragung vom Flansch (4) auf die Buchse (6) erfolgt über Kugelrasten (5) mit Kugeln und Käfig.
5. Die Buchse (6) ist über eine Keilwellenverbindung mit der Hülse (2) verbunden.
6. Der für das zu übertragende Drehmoment erforderliche Anpressdruck wird durch einen Gewindering (8) auf der Hülse (2) eingestellt, der das Tellerfederpaket (7) zusammendrückt.
7. Bei Überlast wandern die Kugelrasten (5) aus ihrer Führung weil das Tellerfederpaket (7) zusammengedrückt wird. Die Buchse (6) verschiebt sich axial und damit kann ein Signal an die Steuerung gegeben werden. Die Hülse (2) muss aber axial auf der Welle (3) fixiert sein.

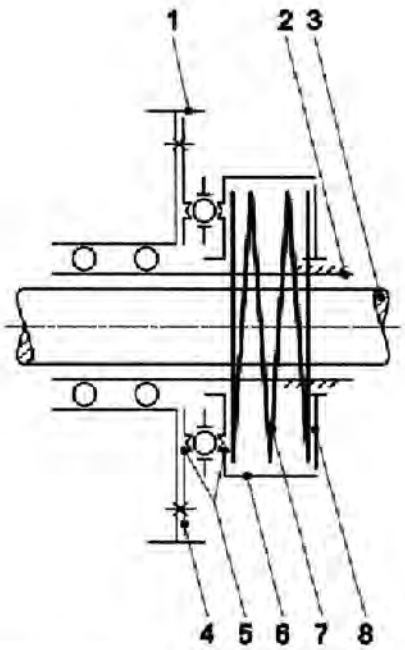
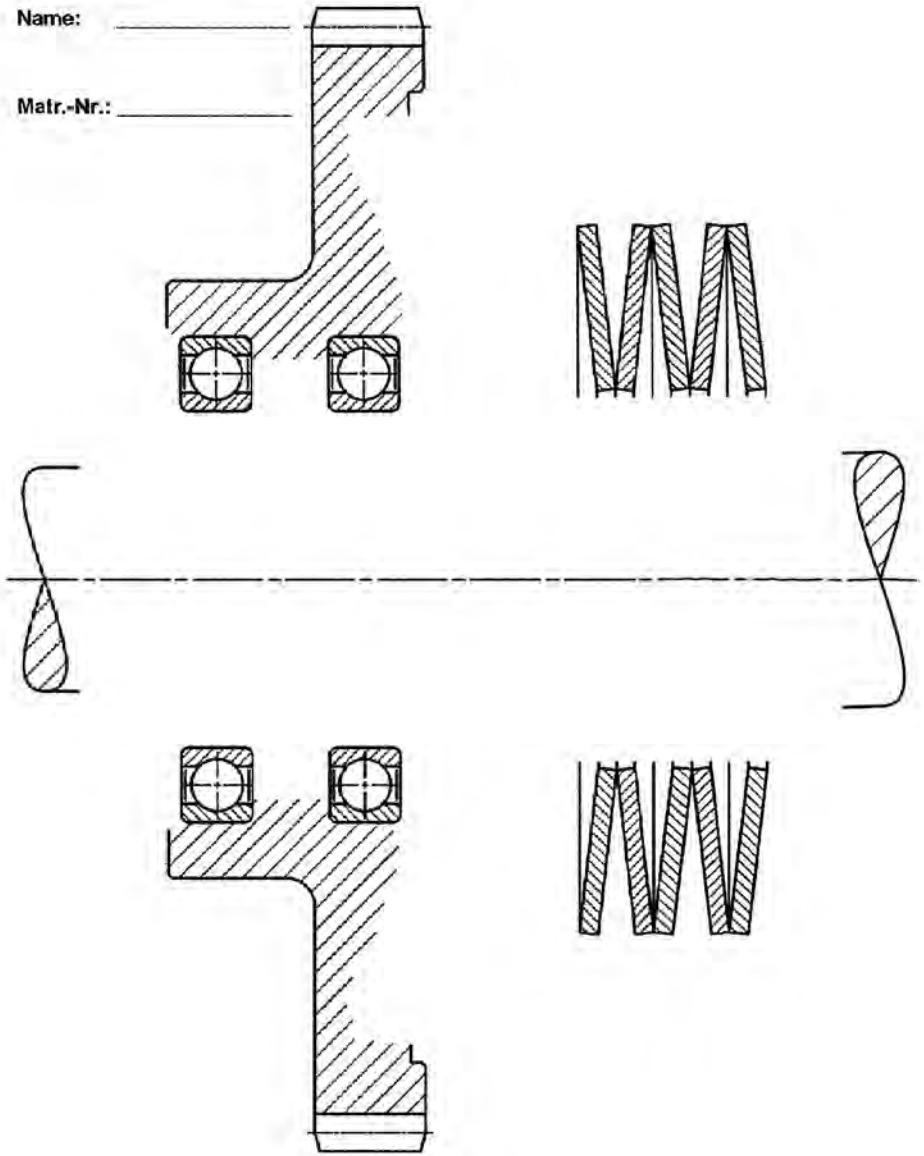


Bild 4: Prinzipskizze der Überlastkupplung

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



Lösung Teil II Berechnung:

1.0 Gegebene Werte

Durchschnittsgeschwindigkeit	$v := 30\,\frac{km}{h}$	Zulässige Biegespannung in der Achse	$\sigma_{bzul} := 30\,\frac{N}{mm^2}$
Personengewicht	$F_P := 800\,N$	Größenfaktor	$b_0 := 1$
Rollenaußendurchmesser	$D_R := 80\,mm$	Oberflächeneinflussfaktor	$b_s := 0.9$
Gesamtlänge der Achse	$l_A := 34\,mm$	Dehngrenze	$R_{p0.2} := 80\,\frac{N}{mm^2}$
Außendurchmesser Achse	$D_A := 7\,mm$		
Winkel für Wechselschritt	$\alpha := 30\,Grad$		
Lagerabstand	$l := 16\,mm$		
Lastwinkel in den Kugellagern	$\beta := 15\,Grad$		
Rollenanzahl je Skate	$z := 4$		

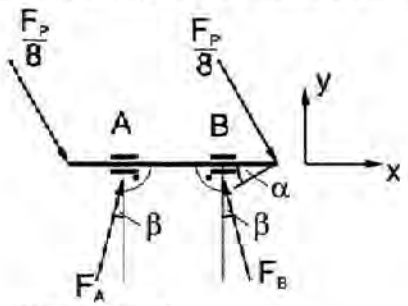
1.1 Wellendimensionierung

a) Vordimensionierung

nicht verlangt: $D_A = 7\,mm$

b) Mechanisches Ersatzbild

gegeben in der Aufgabenstellung. Koordinatensystem gedreht --> besser in gewohnter Richtung betrachten:



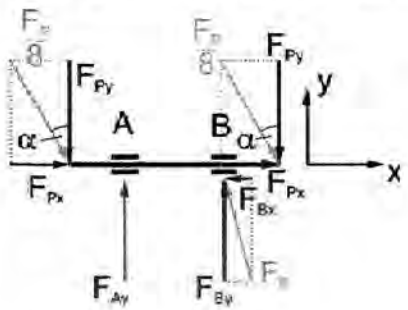
Angestellte Lagerung:

Lager A kann nur axiale Kräfte aufnehmen (F_{Ax}), die entgegen der Richtung der x-Achse zeigen

Lager B kann nur axiale Kräfte aufnehmen (F_{Ax}), die in Richtung der x-Achse zeigen

F_{Px} zeigt in Richtung x-Achse --> Lager B nimmt axiale Kraft auf.

Radiale Kräfte werden durch beide Lager aufgenommen



c) Lagerkräfte

Kräfte durch Person in x und y Achse, wenn Person nur auf einem Skater steht

$F_{Py} := \frac{F_P}{8}\cdot\cos(\alpha)$ $\quad F_{Py} = 86.6\,N$

$F_{Px} := \frac{F_P}{8}\cdot\sin(\alpha)$ $\quad F_{Px} = 50.00\,N$

$\sum_i F_{ix} := 0$ $\quad F_{Px} - F_{Bx} + F_{Px} = 0$ (1)

$\sum_i F_{iy} := 0$ $\quad -F_{Py} + F_{Ay} + F_{By} - F_{Py} := 0$ (2)

$\sum_i M_{By} := 0$ $\quad F_{Py}\cdot\left[l_A - \frac{(l_A - l)}{2}\right] - F_{Ay}\cdot l - F_{Py}\cdot\frac{(l_A - l)}{2} := 0$ (3)

---

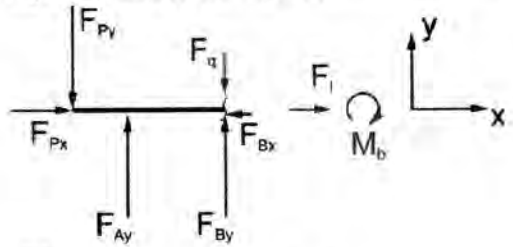
aus (1) $\quad F_{Bx} := 2\cdot F_{Px}$ $\quad F_{Bx} = 100\,N$

aus (3) $\quad F_{Ay} := \frac{1}{l}\cdot F_{Py}\cdot(l)$ $\quad F_{Ay} = 86.6\,N$

in (2) $\quad F_{By} := 2\cdot F_{Py} - F_{Ay}$ $\quad F_{By} = 86.6\,N$

d) Beanspruchungsanalyse

Berechnung soll für die Lagerstelle B erfolgen. Lagerkräfte von Lager B mit berücksichtigen ("rechts" der Lagerstelle) - das ist der schlimmere Fall.



$\sum_i F_{ix} := 0$ $\quad F_{Px} - F_{Bx} + F_j := 0$ (4)

$\sum_i F_{iy} := 0$ $\quad -F_{Py} + F_{Ay} + F_{By} - F_q := 0$ (5)

$\sum_i M_{By} := 0$ $\quad F_{Py}\cdot\left[l_A - \frac{(l_A - l)}{2}\right] - F_{Ay}\cdot l + M_b := 0$ (6)

---

aus (4) $\quad F_j := F_{Bx} - F_{Px}$ $\quad F_j = 50\,N$

aus (5) $\quad F_q := F_{Ay} + F_{By} - F_{Py}$ $\quad F_q = 86.6\,N$

aus (6) $\quad M_b := F_{Ay}\cdot l - F_{Py}\cdot\left[l_A - \frac{(l_A - l)}{2}\right]$ $\quad M_b = -0.78\,N\cdot m$

Eigentlich ist klar, dass ein dynamischer Vorgang vorliegt. Auf die Achse bezogen soll aber betrachtet werden, wie zu dem abgebildeten Zeitpunkt die Kräfte wirken!

statische Belastung: Zug, Biegung, Schub
dynamische Belastung: keine

e) Schnittgrößenverläufe

Nicht verlangt. Normalerweise wichtig für Finden der höchst belasteten Stelle.
Laut Aufgabe soll ja aber Belastung an Lager B berechnet werden.

f) Bestimmung der höchstbelasteten Stelle

Nicht verlangt, siehe e)

g) Konstruktion

Nicht verlangt. Hier auch nicht nötig, da keine Kerbwirkung berechnet werden soll.

1.2 Festigkeitsnachweis

h) Nennspannungen bestimmen

Berechnung an Lagerstelle B:

Zugspannung:

$$\sigma_z := \frac{F_l}{A}$$

$$A := \frac{\pi \cdot D_A^2}{4} \qquad A = 38.48\ mm^2$$

$$\sigma_z := \frac{-F_{Bx}}{A} \qquad \sigma_z = -2.6 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zo} := \sigma_z \qquad \sigma_{zo} = -2.6 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zu} := \sigma_z \qquad \sigma_{zu} = -2.6 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zm} := \frac{\sigma_{zo} + \sigma_{zu}}{2} \qquad \sigma_{zm} = -2.6 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{za} := \frac{\sigma_{zo} - \sigma_{zu}}{2} \qquad \sigma_{za} = 0 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Biegespannung:

$$\sigma_b := \frac{M_b}{W_b}$$

$$W_b := \frac{\pi \cdot D_A^3}{32} \qquad W_b = 33.67\ mm^3$$

$$\sigma_b := \frac{M_b}{W_b} \qquad \sigma_b = -23.15 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

analog zu Zugspannung: $\sigma_{bo} := \sigma_{bu} = \sigma_{bm} = -23.15 \cdot \frac{N}{mm^2}$

$$\sigma_{ba} := 0 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Schubspannung:

$$\tau_s := \frac{F_q}{A} \qquad \tau_s = 2.25 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

analog zu Zugspannung: $\tau_{so} := \tau_{su} = \tau_{sm} = 2.25 \cdot \frac{N}{mm^2}$

$$\tau_{sa} := 0 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

i) Spannungserhöhung durch Kerbwirkung

keine Kerbwirkung vorhanden

j) Maximalspannungen

Berechnung der Maximalspannungen:

Zug:

$\sigma_{zomax} := \sigma_{zo}$ $\quad \sigma_{zomax} = -2.6 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\sigma_{zmmax} := \sigma_{zm}$ $\quad \sigma_{zmmax} = -2.6 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\sigma_{zamax} := \sigma_{za}$ $\quad \sigma_{zamax} = 0 \cdot N \cdot mm^{-2}$

Biegung:

$\sigma_{bomax} := \sigma_{bo}$ $\quad \sigma_{bomax} = -23.15 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\sigma_{bmmax} := \sigma_{bm}$ $\quad \sigma_{bmmax} = -23.15 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\sigma_{bamax} := \sigma_{ba}$ $\quad \sigma_{bamax} = 0 \cdot N \cdot mm^{-2}$

Schub:

$\tau_{somax} := \tau_{so}$ $\quad \tau_{somax} = 2.25 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\tau_{smmax} := \tau_{sm}$ $\quad \tau_{smmax} = 2.25 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\tau_{samax} := \tau_{sa}$ $\quad \tau_{samax} = 0 \cdot N \cdot mm^{-2}$

k) Vergleichsspannungen

Gleichartige Spannungen zusammenfassen (Achtung bei verschiedenen Vorzeichen!):

$\sigma_{omax} := \sigma_{bomax} + \sigma_{zomax}$ $\quad \sigma_{omax} = -25.74 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\sigma_{mmax} := \sigma_{bmmax} + \sigma_{zmmax}$ $\quad \sigma_{mmax} = -25.74 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\sigma_{amax} := \sigma_{bamax} + \sigma_{zamax}$ $\quad \sigma_{amax} = 0 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\tau_{omax} := \tau_{somax}$ $\quad \tau_{omax} = 2.25 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\tau_{mmax} := \tau_{smmax}$ $\quad \tau_{mmax} = 2.25 \cdot N \cdot mm^{-2}$

$\tau_{amax} := \tau_{samax}$ $\quad \tau_{amax} = 0 \cdot N \cdot mm^{-2}$

Ungleichartige Spannungen zusammenfassen (Vergleichsspannungen):

$$\sigma_{vo} := \sqrt{\sigma_{omax}^2 + 3 \cdot \tau_{omax}^2} \qquad \sigma_{vo} = 26.04 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vm} := \sqrt{\sigma_{mmax}^2 + 3 \cdot \tau_{mmax}^2} \qquad \sigma_{vm} = 26.04 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{va} := \sqrt{\sigma_{amax}^2 + 3 \cdot \tau_{amax}^2} \qquad \sigma_{va} = 0 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

l) Festigkeitsnachweise

Dynamische Festigkeit (Dauerbruch) nicht nötig/verlangt.

Festigkeitbedingungen gegen Fließen:

$$S_F := \frac{R_{p0.2}}{\sigma_{vo}} \qquad S_F = 3.07$$

>1,2 --> ausreichend!

2 Lagerauswahl - Lager B

Rillenkugellager 607

$C_r := 2600\ N$

$C_{0r} := 1100\ N$

Kräfte:

$F_a := |F_{Bx}|$ $F_a = 100\ N$

$F_r := |F_{By}|$ $F_r = 86.6\ N$

Frage: Axialkraft relevant? --> Faktor e :

Tabelle Lagerkatalog für Spalte 60 und Zeile 7 $f_0 := 13$

$x := \frac{f_0 \cdot F_a}{C_{0r}}$ $x = 1.18$

--> $e := 0.32 - \frac{(0.32 - 0.28)\cdot(1.6 - x)}{(1.6 - 0.9)}$ (=interpolieren) $e = 0.3$

$\frac{F_a}{F_r}$ $\frac{F_a}{F_r} = 1.15$

$\frac{F_a}{F_r} > e$ --> X und Y benötigt

--> Äquivalentlast P:

$X := 0.56$

$Y := 1.4 - \frac{(1.4 - 1.58)\cdot(1.6 - x)}{(1.6 - 0.9)}$ (=interpolieren) $Y = 1.51$

$P := X \cdot F_r + Y \cdot F_a$ $P = 199.25\ N$

Nachrechnen der Lebensdauer:

$L_{hvorh} := \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{P}\right)^p$

Bei Kugellagern (Punktberührung) $p := 3$

Drehzahl:

$U_R := \pi \cdot D_R$ $U_R = 251.33\ mm$

$n := \frac{v}{U_R}$ (Einheiten umrechnen!) $n = 1989.44\ \frac{1}{min}$

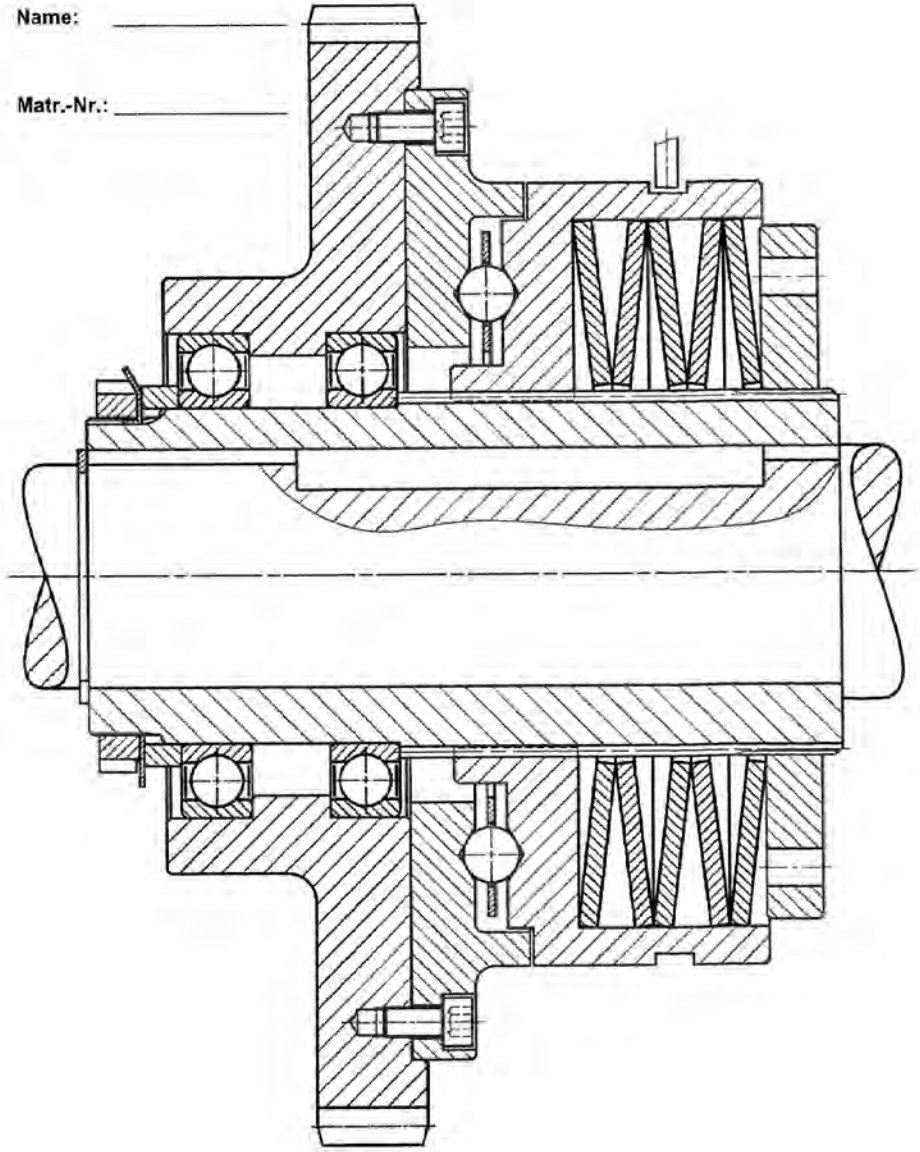
$L_{hvorh} := \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C_r}{P}\right)^p$ $L_{hvorh} = 18613.98\ h$

Lebensdauer ist größer 10000 h --> O.k.

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



KTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Universität Stuttgart
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design
Prof. Dr.-Ing. T. Maier

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II
mit Grundzüge der Apparatekonstruktion

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 1	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **KEINE**

Wiederholer: ☐ ja ☐ nein (Zutreffendes bitte ankreuzen)

Der Termin für die mündliche Nachprüfung von Studenten, die diese schriftliche Prüfung als Wiederholungsprüfung ablegen und nicht bestehen, wird durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab dem xx.xx.xxxx durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Wiederholer sind verpflichtet, die Liste einzusehen oder am Institut zu erfragen und sich für die Nachprüfung bereitzuhalten.

(Unterschrift)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
4	6	5	2	6	6	3	5	5	8	10/5	0/5	60

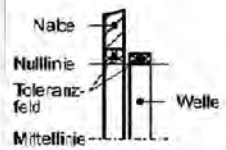
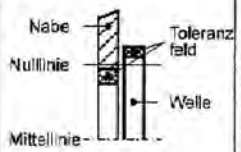
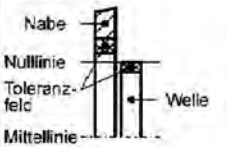
Bitte verwenden Sie so weit wie möglich die Aufgabenblätter zur Beantwortung!

Aufgabe 1.1 (4 Punkte)

Gegeben sind die folgenden Passungen:

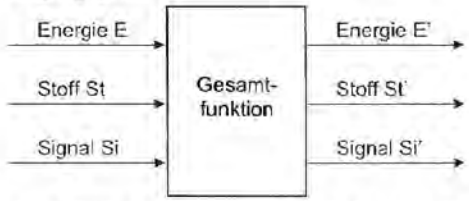
a) N6/s5 b) D7/h6 c) H7/k6

Ordnen Sie jede Passungen der entsprechenden Skizze zu. Beschreiben Sie, um welche Passungsart es sich dabei handelt. Geben Sie weiterhin an, ob es sich im jeweiligen Fall um das System Einheitsbohrung oder Einheitswelle handelt.

	Fall 1	**Fall 2**	**Fall 3**
			
Zugeordnete Passung	c) H7/k6	a) N6/s5	b) D7/h6
Passungsart	Übergangspassung	Übermaßpassung	Spielpassung
System	Einheitsbohrung	Weder noch	Einheitswelle

Aufgabe 1.2 (6 Punkte)

Ergänzen Sie die dargestellte allgemeine Funktionsstruktur und geben Sie je 2 Beispiele zu jeder Eingangs- und Ausgangsgröße.



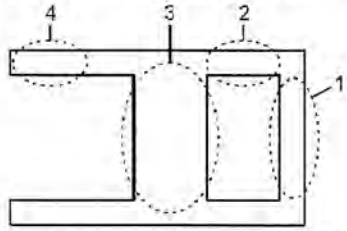
Energie: mechanische, thermische, elektrische, chemische, optische Energie, Kernenergie, aber auch Kraft, Drehmoment, Strom, Wärme

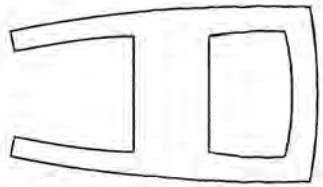
Stoff: Gas, Flüssigkeit, feste Körper, Staub, aber auch Rohprodukt, Material, Prüfgegenstand, Behandlungsobjekt, Endprodukt, Bauteil, geprüfter oder behandelter Gegenstand

Signal: Messgröße, Anzeige, Steuerimpuls, Daten, Information

Aufgabe 1.3 (5 Punkte)

Gegeben ist folgendes Gussbauteil:





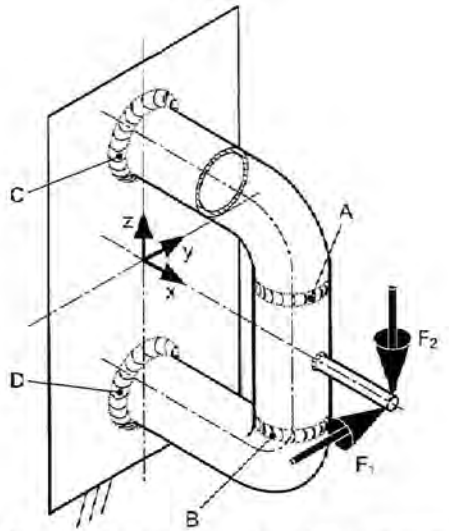
Beschreiben Sie die Folgen, wenn das Bauteil nach dem Gussvorgang erstarrt ist. Zeichnen Sie übertrieben dargestellt, wie das Bauteil nach der Erstarrung aussieht. Geben Sie die Beanspruchungsarten an den Stellen 1, 2, 3 und 4 an.

Folgen: Durch die unterschiedliche schnelle Abkühlung entstehen Eigenspannungen und das Bauteil verformt sich.

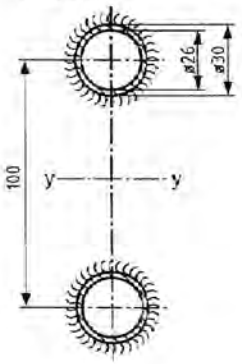
Beanspruchungsarten:
1 Druck und Biegung
2 Biegung (und Schub, nicht verlangt)
3 Zug
4 keine Spannung

Aufgabe 1.4 (6 Punkte)

Der unten abgebildete Träger besteht aus 3 dünnwandigen Rohrteilen. Sie sind miteinander an den Stellen A und B mit Stumpfnähten verschweißt. Der komplette Träger ist an den Stellen C und D mit Kehlnähten an eine Wand geschweißt (Schweißnahtdicke a = 3 mm). Er wird an einem Arm durch die Kräfte F_1 und F_2 belastet.



Querschnitt durch den Träger vor der Stelle C bzw. D



a) Die Kraft F_1 führt an der Schweißnaht A zu einer Torsionsbeanspruchung. Geben Sie das Widerstandsmoment gegen Torsion W_t für die Schweißnaht A an. Betrachten Sie dazu die Schweißnaht wie das oben angegebene dünnwandige Rohr.

Schreiben Sie die Formel auf und setzen Sie die Zahlenwerte ein. Sie müssen das Ergebnis nicht ausrechnen.

Bredt'sche Formel → $W_t = 2 \cdot a \cdot A_m = 2 \cdot 2mm \cdot \pi/4 \cdot (28mm)^2$ oder $\boxed{W_t = \frac{\pi}{16}\frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}}$

b) Die Kraft F_2 führt an den Schweißnähten C und D zu einer Biegebeanspruchung um die oben angegebene Biegeachse y-y.

Wie groß ist der maximale Randabstand e? e = 68 mm (=100mm/2+30mm/2+3mm)

Geben Sie die Formel für das gemeinsame Flächenträgheitsmoment $I_{y,ges}$ der Schweißnähte C und D für die Biegung um die y-Achse an. Setzen Sie die entsprechenden Zahlenwerte ein. Sie müssen das Ergebnis nicht ausrechnen.

$\left(I_{Ringquerschnitt} = \frac{\pi}{64}\left(d_a^4 - d_i^4\right)\right)$ $\qquad \boxed{I_{y,ges} = I_{y,C} + I_{y,D} = 2 \cdot I_{y,C}}$

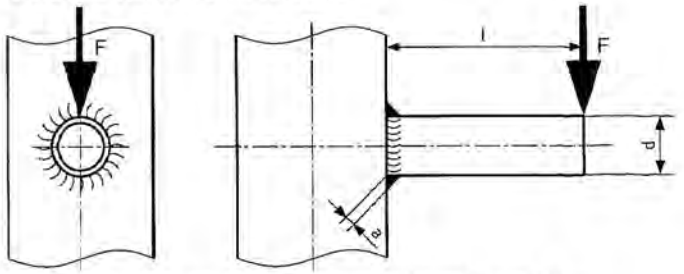
$I_{y,C} =$ $\quad I_{Schw,C}$ $\quad + y_{S,Schw,C}^2 \cdot$ $\quad A_{Schw,C}$ (Steinerscher Satz)

$$\boxed{I_{y,ges} = 2 \cdot \left(\overbrace{\frac{\pi}{64}\left(d_{Schw,Ca}^4 - d_{Schw,Ci}^4\right)} + y_{S,Schw,C}^2 \cdot \overbrace{\frac{\pi}{4}\left(d_{Schw,Ca}^2 - d_{Schw,Ci}^2\right)} \right)}$$

$$\boxed{I_{y,ges} = 2 \cdot \left(\frac{\pi}{64}\left(36^4 mm^4 - 30^4 mm^4\right) + 50^2 mm^2 \cdot \frac{\pi}{4}\left(36^2 mm^2 - 30^2 mm^2\right) \right)}$$

Aufgabe 1.5 (6 Punkte)

Gegeben ist die skizzierte Schweißverbindung.



a) Ermitteln Sie die Schnittgrößen an der Schweißnahtanschlussstelle.

Querkraft: $\boxed{F_Q = F}$

Biegemoment: $\boxed{M_b = F \cdot l}$

b) Leiten Sie die endgültige Formel für die Vergleichsspannung in der Schweißnaht her.

$\left(W_{b,Ringquerschnitt} = \frac{\pi}{32}\frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a}\right)$

Vergleichsspannung: $\boxed{\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 1{,}8 \cdot \tau_s^2}}$

Biegespannung: $\boxed{\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F \cdot l}{\frac{\pi}{32}\frac{(d+2a)^4 - d^4}{d+2a}}}$,

Schubspannung: $\boxed{\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{2}a(d+a)}}$ vgl. Skript Gleichung 11.9

$$\rightarrow \boxed{\sigma_v = \sqrt{\left(\frac{F \cdot l}{\frac{\pi}{32}\frac{(d+2a)^4 - d^4}{d+2a}}\right)^2 + 1{,}8 \cdot \left(\frac{F}{\frac{\pi}{2}a(d+a)}\right)^2}}$$

Aufgabe 1.6 (3 Punkte)

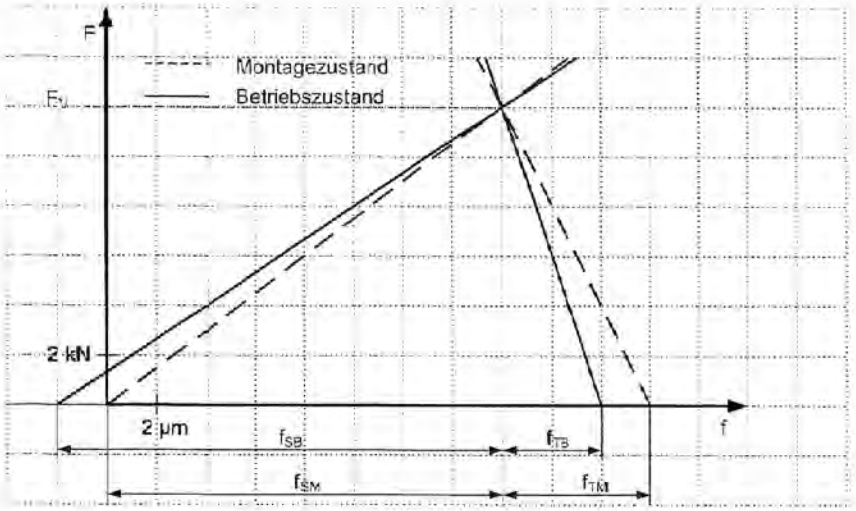
Bei einer Schraubenverbindung sind folgende Werte gegeben:

Vorspannkraft F_V=12 kN;

Für die Montage gilt: Verlängerung der Schraube f_{SM}=16 µm,
Verkürzung der Teile f_{TM}=6 µm.

Für den Betrieb gilt: Verlängerung der Schraube f_{SB}=18 µm,
Verkürzung der Teile f_{TB}=4 µm.

Zeichnen Sie das zugehörige Schraubendiagramm (Maßstab beachten!). Kennzeichnen Sie den Montage- und Betriebszustand.



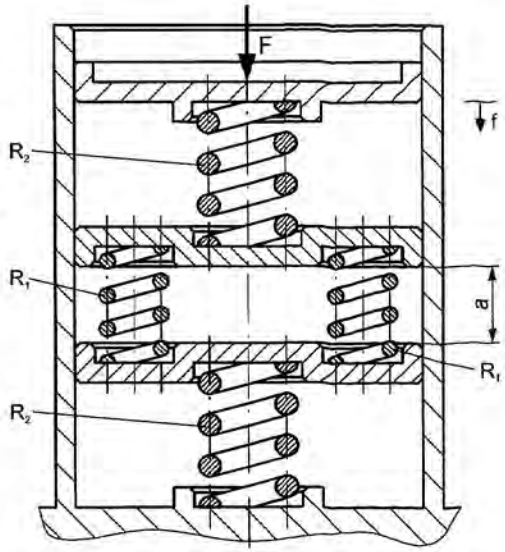
Aufgabe 1.7 (5 Punkte)

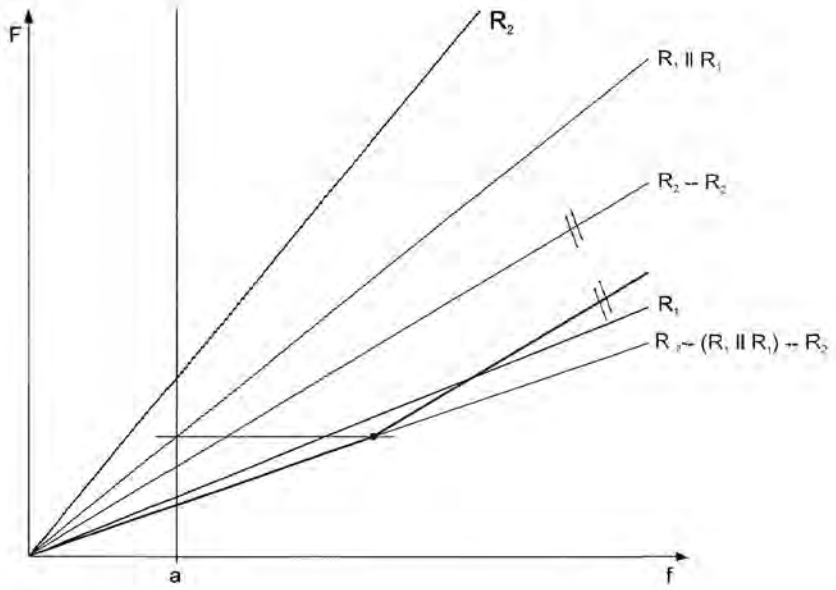
Gegeben ist das abgebildete Federsystem. Die Kraft F wirkt an der oberen Hülse.

Für die Federraten gilt: $R_2 = 3 \cdot R_1$.

Abstand a = unbelasteter Zustand.

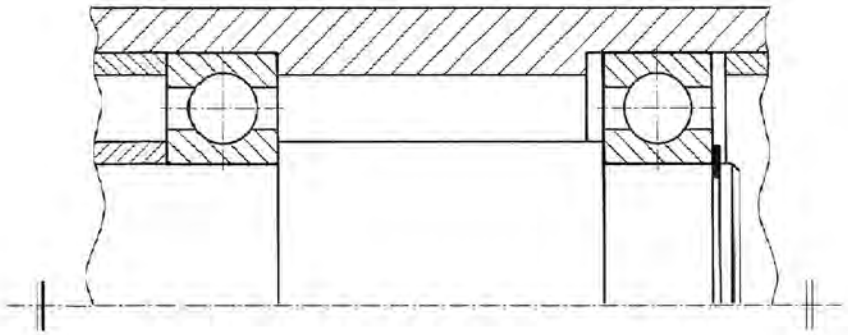
Konstruieren Sie die Federkennlinie des Systems (keine Rechung!). Verwenden Sie dabei die Länge a.





Aufgabe 1.8 (5 Punkte)

Skizzieren Sie eine Fest-/Loslagerung mit Rillenkugellagern im Halbschnitt.



Aufgabe 1.9 (2 Punkte)

Ein Elektrowerkzeug hat eine Leistungsaufnahme von P_{nenn} = 600 W und einen Wirkungsgrad von η = 40%. Wie hoch sind Nutzleistung P_N und Verlustleistung P_V?

$\eta = P_N / P_{nenn}$; $P_{nenn} = P_N + P_V$

→ $P_N = \eta \cdot P_{nenn} = 0{,}4 \cdot 600\ W = 240\ W$

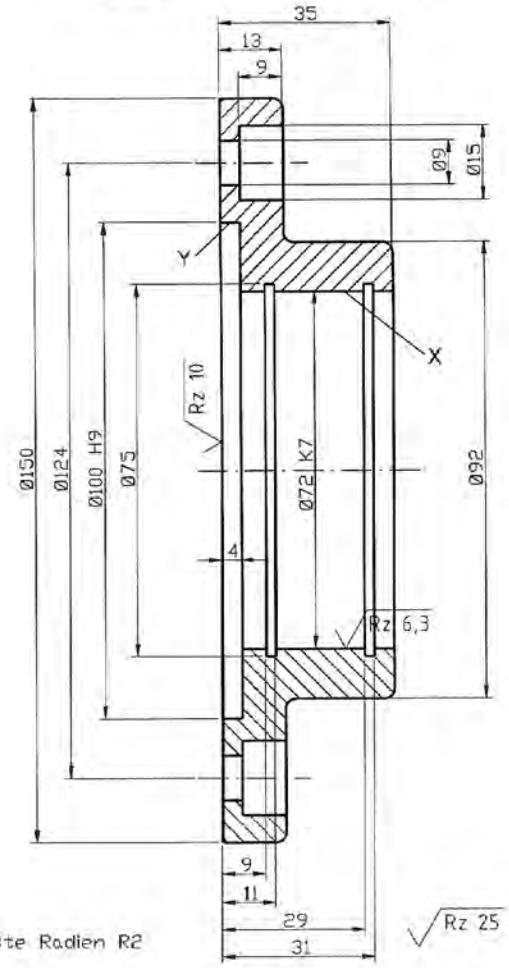
$P_V = P_{nenn} - P_N = 600\ W - 240\ W = 360\ W$

Aufgabe 1.10 (8 Punkte)

Bemaßen Sie die unten dargestellte Lagerbuchse (Maßstab 1:1) fertigungsgerecht mit Angabe aller Oberflächenrauheiten und Passungen.

Die Aufnahme des Lagers erfolgt zwischen den beiden Nuten an der Stelle X. Die Lagerbuchse wird durch den Absatz an der Stelle Y zentriert.

Toleranzen:	Durchmesser Lageraufnahme:	K7
	Durchmesser Zentrierabsatz:	H9
Oberflächen:	Anschraubfläche:	R_z 10
	Lageraufnahme:	R_z 6,3
	Allgemein:	R_z 25



unbemaßte Radien R2

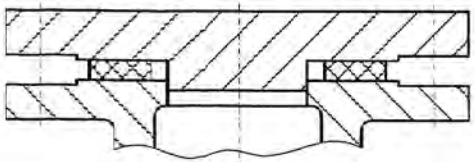
$\sqrt{Rz\ 25}$ ($\sqrt{Rz\ 6{,}3}$ $\sqrt{Rz\ 10}$)

Aufgabe 1.11 (10 Punkte)

Nach welchen Kriterien lassen sich Dichtungen systematisch einteilen?

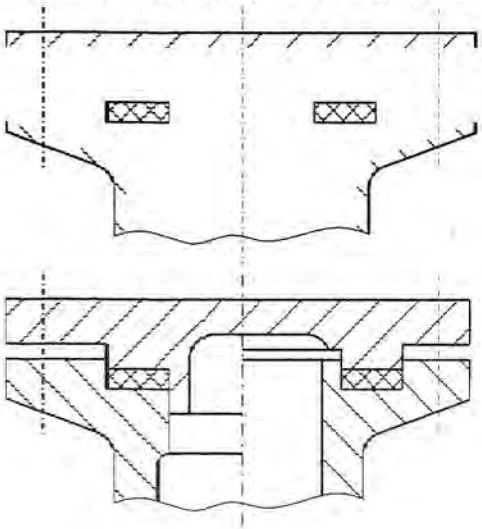
- nach Relativbewegung
- nach Lösbarkeit
- nach Berührung

Im Folgenden ist der obere Teil eines Druckbehälters dargestellt, welcher mit einer Flachdichtung abgedichtet wird. Nennen Sie 2 Nachteile, die in diesem Fall auftreten können.



- Bei Druckstoß kann die Dichtung ausgeblasen werden
- Lage des Dichtungselements unsicher
- Dichtung wird leicht schief gespannt
- Innendruck entlastet Dichtung
- Die Dichtung kann plastisch verformt werden

Skizzieren Sie eine verbesserte Variante, in der diese Nachteile entschärft werden.



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design
Prof. Dr.-Ing. T. Maier

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 2	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **ALLE**

Aufgabe 2.1 Schraubenberechnung (30 Punkte)

Eine hydraulische Presse besteht aus einem Kopfstück und einem Tisch. Diese sind mit 4 Zugankern verbunden (Bild 1). Der Hydraulikzylinder ist dabei am Kopfstück befestigt. Die Kolbenstange bewegt den Stempel, der an den Zugankern geführt wird. Mit welcher Montagevorspannkraft muss eine Spannmutter bei der Montage angezogen werden?

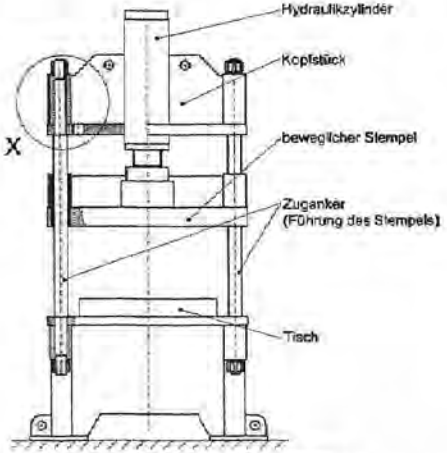


Bild 1: Hydraulische Presse

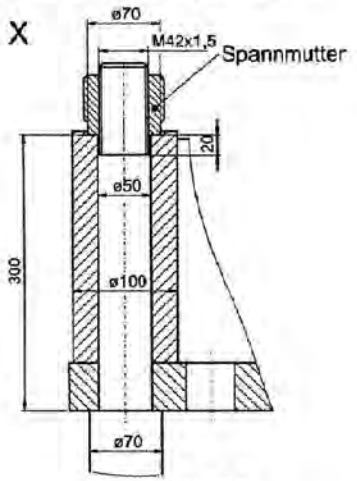


Bild 2: Detail X

Werte:

Maximale Zylinderkraft	$F = 300$ kN
Restklemmkraft pro Schraube	$F_{Kl} = 50$ kN
Elastizitätsmodul aller Teile	$E_S = E_T = 210000$ N/mm²
Anzahl Zuganker	$z = 4$
Krafteinleitungsfaktor	$n = 1$
Anzugsfaktor (drehmomentgesteuert)	$k_a = 1{,}6$
Kernquerschnitt des Gewindes	$A_3 = 1267$ mm²

Berechnen Sie F_{VM}.

Aufgabe 2.2 Pneumatisches Steuerventil (30 Punkte)

In Bild 3 ist die Prinzipskizze eines pneumatischen Steuerventils abgebildet.

Die Absperrung des Luftstromes erfolgt durch eine Stahlkugel (5), die durch eine vorgespannte Feder (6) auf eine Kegelfläche am Gehäuse (3) gepresst wird. Das Ventil wird mit dem Druckknopf (1) durch Drücken geöffnet.

Nach der Handbetätigung wird der Druckknopf (1) durch die Feder (2) wieder in seine Ausgangsposition gebracht.

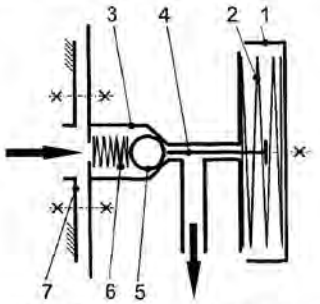


Bild 3: Prinzipskizze des pneumatischen Steuerventils

Vervollständigen Sie das Steuerventil auf dem beigefügten Arbeitsblatt im geschlossenen Zustand. Beachten Sie dabei folgende Punkte:

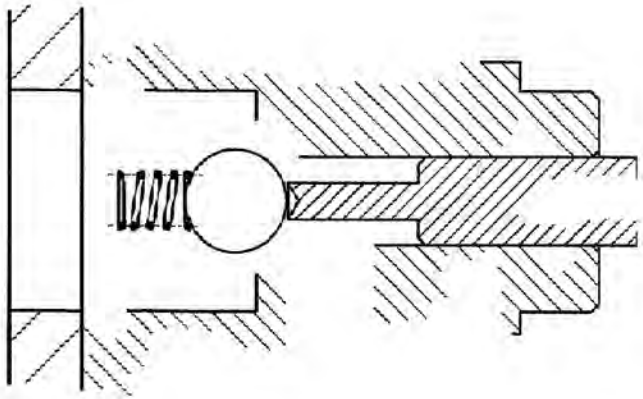
1. Die Prinzipskizze zeigt nur die Funktion der Vorrichtung. Montierbarkeit, Dichtheit (O-Ringe) und Herstellbarkeit der Teile sind dabei nicht berücksichtigt, sollen aber in der Lösung umgesetzt werden.
2. Das Gehäuse (3) soll als Gussteil ausgeführt werden.
3. Der Druckknopf (1) muss seitlich axial geführt sein (Hubbegrenzung). Dies soll mit einem lösbaren Führungselement erfolgen.
4. Die Schraubenverbindung (mit versenkter Schraube) zwischen dem Druckknopf (1) und dem Stössel (4) muss vollständig dargestellt werden.
5. Die Feder (6) soll im Gehäuse (3) demontierbar vorgespannt sein, ohne den Luftstrom zu blockieren.
6. Das Gehäuse (3) ist am Druckbehälter (7) mit zwei Schrauben befestigt. Eine Verschraubung (Schraube) muss vollständig bildlich dargestellt werden. Die zweite darf durch Strichpunktlinien symbolisch dargestellt werden.
7. An der Auslassöffnung muss ein Verbindungsstück eingeschraubt werden können.
8. Kennzeichnen Sie den maximalen Hubweg des Druckknopfes (1) ein.

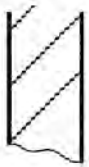
Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____







Lösung Teil 2.1

0. Gegebene Werte

$F := 300000\ N$

$F_{Kl} := 50000\ N$

Schraube:

Elastizitätsmodul der Schraube: $E_S := 210000 \frac{N}{mm^2}$

Anzahl der Schrauben: $z := 4$

Krafteinleitungsfaktor: $n := 1$

Anziehen Drehmomentschlüssel: $k_a := 1.6$

$A_3 := 1267\ mm^2$

$d := 42\ mm$

$D := 70\ mm$

Platten:

Elastizitätsmodul der Platten: $E_T := 210000 \frac{N}{mm^2}$

$l_1 := 20\ mm$

$l_2 := 300\ mm$

$d_w := 70\ mm$

$d_h := 50\ mm$

$l_k := 300\ mm$

$D_A := 100\ mm$

1. Behälterverschraubung
1.1 Berechnung der Betriebskraft

Betriebskraft pro Schraube:

$F_B := \frac{F}{z}$ $\qquad F_B = 75000 \cdot N$

1.2 Vorauswahl der Schrauben

entfällt, da alle Werte in Zeichnung gegeben.

1.3 Erforderliche Montagevorspannkraft

$F_{VM} := k_a \left[F_{Kl} + F_B (1 - \Phi) + F_Z \right]$

Setzkraft:

$F_Z := \frac{f_Z}{\delta_S + \delta_T}$

Setzbetrag für massive Schrauben:

$f_Z := 3.29 \cdot \left(\frac{l_k}{d} \right)^{0.54} \cdot 10^{-3}\ mm \quad f_Z = 6.42 \cdot 10^{-3}\ mm$

Nachgiebigkeit der Schraube:

$A_N := \pi \frac{d^2}{4}$ $\qquad A_N = 1385.44\ mm^2$

$A_2 := \pi \cdot \frac{(d_h)^2}{4}$ $\qquad A_2 = 1963.5\ mm^2$

$\delta_S := \frac{1}{E_S} \cdot \left(2 \cdot 0.4 \cdot \frac{d}{A_N} + \frac{l_1}{A_3} + \frac{l_2 - l_1}{A_2} + 0.5 \cdot \frac{d}{A_3} \right)$

$\delta_S = 9.486 \cdot 10^{-7}\ \frac{mm}{N}$

Nachgiebigkeit der Platten:

$$\delta_T := \frac{l_k}{A_{ers} \cdot E_T}$$

Bedingung für Aers: $d_w \le D_A \le d_w + l_k$

$$x := \sqrt{\frac{l_k \cdot d_w}{D_A^2}}$$

$x = 1.281$

$$A_{ers} := \frac{\pi}{4} \cdot \left(d_w^2 - d_h^2\right) + \frac{\pi}{8} \cdot d_w \cdot \left(D_A - d_w\right) \cdot \left[(x+1)^2 - 1\right]$$

$A_{ers} = 5349.42\ mm^2$

$$\delta_T := \frac{l_k}{A_{ers} \cdot E_T}$$

$\delta_T = 2.671 \cdot 10^{-7}\ \frac{mm}{N}$

$$F_Z := \frac{f_Z}{\delta_S + \delta_T}$$

$F_Z = 5280.66\ kN$

Kraftverhältnisse Φ:

$\Phi := n \cdot \Phi_k$

$$\Phi_k := \frac{\delta_T}{\delta_S + \delta_T}$$

$\Phi_k = 0.2197$

$\Phi := n \cdot \Phi_k$

$\Phi = 0.2197$

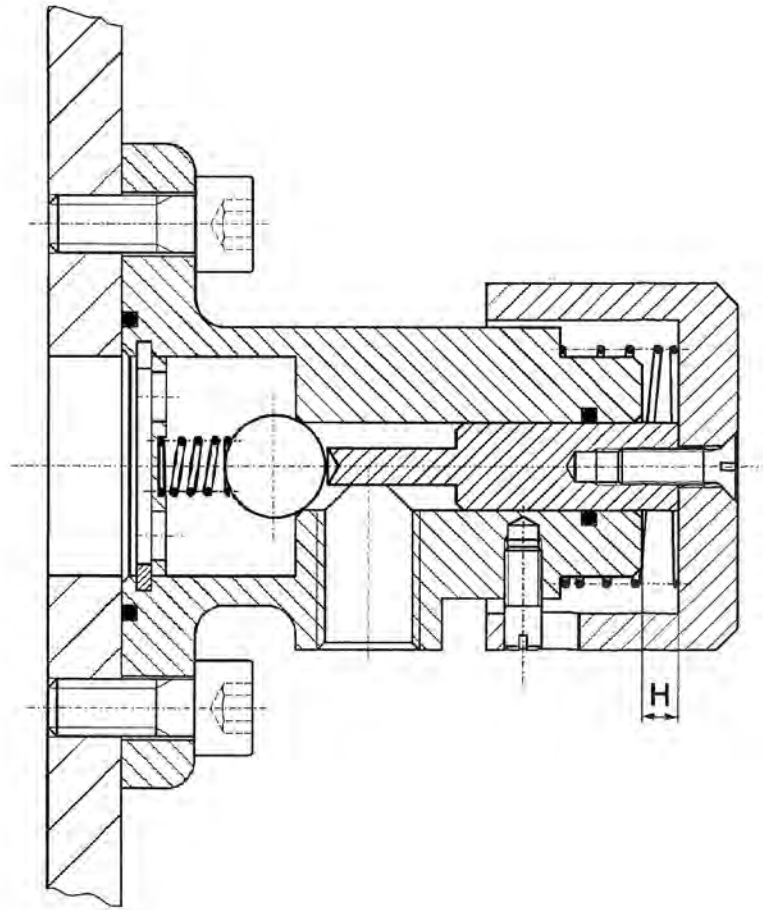
$F_{VM} := k_a \cdot \left[F_{Kl} + F_B \cdot (1 - \Phi) + F_Z\right]$

$F_{VM} = 182088.64\ kN$

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____

Matr.-Nr.: _____



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design
Prof. Dr.-Ing. T. Maier

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II
bzw. Bachelor-Teilprüfung Maschinen- und Apparatekonstruktion I und II

Musterlösung

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 1	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **KEINE**

Wiederholer: ☐ ja ☐ nein (Zutreffendes bitte ankreuzen)

Der Termin für die mündliche Nachprüfung von Studenten, die diese schriftliche Prüfung als Wiederholungsprüfung ablegen und nicht bestehen, wird durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Prüfungsergebnisse werden voraussichtlich ab dem xx.xx.xxxx durch Aushang am Institut bekannt gegeben. Die Wiederholer sind verpflichtet, die Liste einzusehen oder am Institut zu erfragen und sich für die Nachprüfung bereitzuhalten. Die mündliche Nachprüfung findet voraussichtlich am xx.xx.xxxx statt.

(Unterschrift)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Σ
7	3	6	7	7/7/7	5	3/3/0	6/6/0	3/3/0	3/3/0	10	0/0/3	0/0/3	0/0/9	60

Bitte verwenden Sie so weit wie möglich die Aufgabenblätter zur Beantwortung!

Aufgabe 1.1 (7 Punkte)

Gegeben ist der folgende Ausschnitt aus einer Tabelle für ISO-Passungen.

Nennmaß-bereich über . bis mm	Obere und untere Abmaße für Bohrung H7	Obere und untere Abmaße für Wellen. Beim Fügen mit einer H7-Bohrung entsteht eine Spielpassung f7	Übergangpassung m6	Übermaßpassung r6
1...3	+ 6 0	- 6 -16	+ 8 + 2	+16 +10
3...6	+ 8 0	-10 -22	+12 + 4	+23 +15
6...10	+ 9 0	-13 -28	+15 + 6	+28 +19
10...14	+11	-16	+18	+34
14...18	0	-34	+ 7	+23
18...24	+13	-20	+21	+41
24...30	0	-41	+ 8	+28

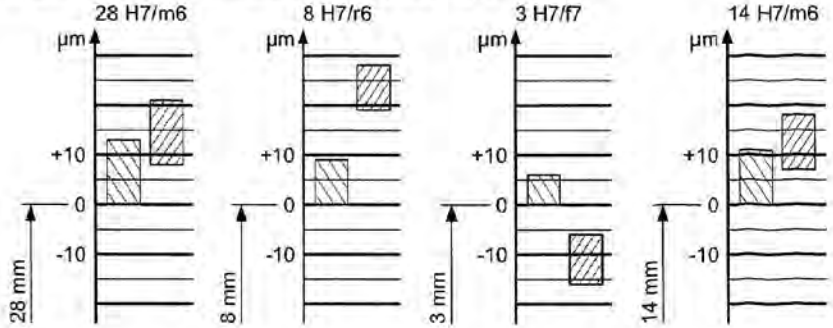
a) Auf welchem Passungssystem basiert die abgebildete Tabelle?

Einheitsbohrung

b) Wie lauten die Abmaße folgender Passungen?

	28 H7 / m6		8 H7 / r6		3 H7 / f7		14 H7 / m6	
Oberes Abmaß [µm]	+13	+21	+ 9	+28	+ 6	- 6	+11	+18
Unteres Abmaß [µm]	0	+ 8	0	+19	0	-16	0	+ 7

c) Zeichnen Sie die Toleranzfelder in folgende Diagramme ein

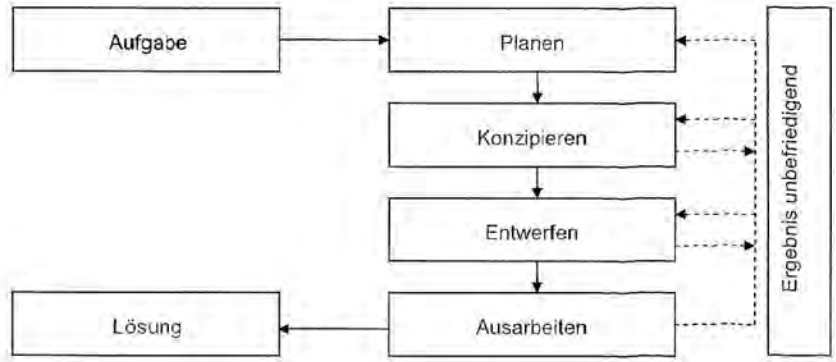


Aufgabe 1.2 (3 Punkte)

a) Welche Konstruktionsarten gibt es?

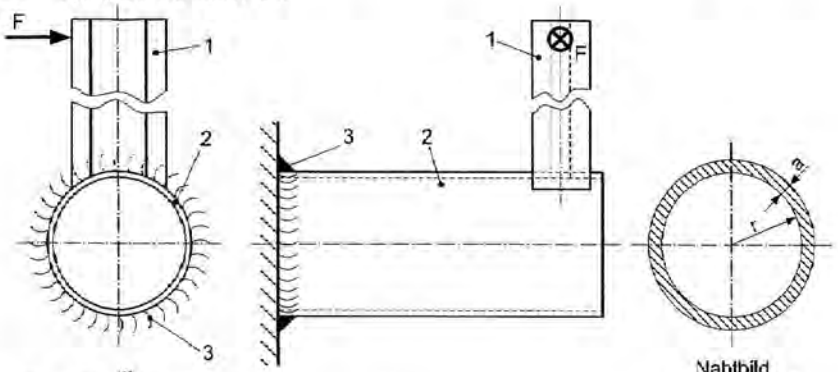
Neukonstruktion, Anpassungskonstruktion, Variantenkonstruktion

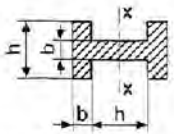
b) Ergänzen Sie das untenstehende Schaubild der Phasen eines Konstruktionsprozesses.



Aufgabe 1.3 (6 Punkte)

Ein Doppel-T-Träger (Pos. 1) ist rechtwinklig an einem Rohr (Pos. 2) befestigt. Das Rohr ist mit einer umlaufenden Kehlnaht (Pos. 3) an eine Wand geschweißt (siehe Bild unten). Am Träger greift die Kraft F an.





Querschnitt durch Bauteil 1

a) Geben Sie für die Schweißnaht 3 das Widerstandsmoment gegen Torsion W_{tw} an. Betrachten sie dazu die Schweißnaht wie ein dünnwandiges Rohr.

Bredt'sche Formel $W_{tw} = 2 \cdot a \cdot A_m = 2 \cdot a \cdot \pi \cdot (r + a/2)^2$

oder genau $W_{tw} = \frac{\pi}{16} \frac{(2r+2a)^4 - (2r)^4}{2r+2a}$

b) Es soll das Widerstandsmomentes W_b des Trägers 1 gegen Biegung um die Achse x-x angegeben werden ($W_b = I/e$).

Wie groß ist der maximale Randabstand e? $e =$ h/2 + b

c) Geben Sie die Formel für das Flächenträgheitsmoment I des Trägers 1 für die Biegung um die Achse x-x an.

allgemein gilt: $\left(I_{Rechteck} = \frac{b \cdot h^3}{12} \right)$

$I_{ges} = I_1 + 2I_2$; $I_1 = \frac{b \cdot h^3}{12}$, $I_2 = I_2' + y_{S,2}^2 \cdot A = \frac{h \cdot b^3}{12} + \left(\frac{h+b}{2} \right)^2 \cdot (b \cdot h)$

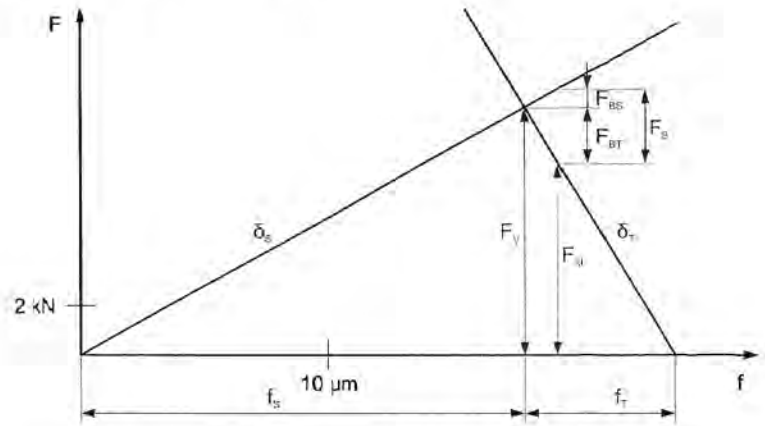
$\rightarrow I_{ges} = \frac{b \cdot h^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{h \cdot b^3}{12} + \left(\frac{h+b}{2} \right)^2 \cdot (b \cdot h) \right)$ oder

$I_{ges} = I_{außen} - 2 \cdot I_{innen}$; $I_{außen} = \frac{h \cdot (h+2b)^3}{12}$, $I_{innen} = \frac{\frac{1}{2}(h-b) \cdot h^3}{12}$

$I_{ges} = \frac{h \cdot (h+2b)^3}{12} - \frac{(h-b) \cdot h^3}{12}$

Aufgabe 1.4 (7 Punkte)

Folgendes Verspannungsschaubild ist gegeben:



a) Wie groß sind die Vorspannkraft F_V, die Nachgiebigkeit der Schraube δ_S und die Nachgiebigkeit der Teile δ_T? Tragen Sie sie im Schaubild ein.

$F_V =$ 10 kN $\quad \delta_S =$ 1,8 ·10^{-6} mm/N $\quad \delta_T =$ 0,6 ·10^{-6} mm/N

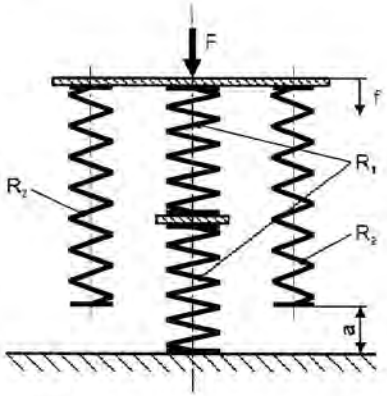
b) Tragen Sie die Betriebskraft F_B = 3000 N im Schaubild ein.
Zeichnen Sie zusätzlich ein: f_S, f_T, F_{BS}, F_{BT}, Klemmkraft F_{Kl}.

c) Wie hängen δ_S und f_S bzw. δ_T und f_T zusammen (Formel)?

$\delta_S = f_S / F_V$ $\quad \delta_T = f_T / F_V$

Aufgabe 1.5 (Verf. Kyb.: 7 Punkte, Rest: 7 Punkte)

Gegeben ist das abgebildete Federsystem.
Für die Federraten gilt: $R_2 = \frac{1}{3} \cdot R_1$.
Abstand a = unbelasteter Zustand.



a) (Verf., Kyb.) Wie können Federn systematisch eingeteilt werden?

nach
- Beanspruchungsart
- Werkstoff

b) (Verf., Kyb.) Nennen Sie 2 Verwendungszwecke für Federn (keine Beispiele).
- Arbeitsspeicher
- Kraftmesser
- Stoßmilderer
- Lastverteilung
- Kraftbegrenzung
- Kraftschluss
- Schwingungselement
- Regelung

c) (Verf., Kyb.) Wie sind im obigen Schema die beiden Federn R_1 zueinander geschaltet?

Hintereinander geschaltet / Reihenschaltung

Konstruieren Sie die Federkennlinie der Federn R_1 im Schaubild auf der nächsten Seite.

Berechnen Sie die Gesamtfederrate der Federn R_1.

$$\frac{1}{R_{ges,1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} = \frac{2}{R_1} \Rightarrow R_{ges,1} = \frac{R_1}{2}$$

d) (Verf., Kyb.) Wie sind im obigen Schema die beiden Federn R_2 zueinander geschaltet?

Parallel geschaltet / Parallelschaltung

Konstruieren Sie die Federkennlinie der Federn R_2 im Schaubild auf der nächsten Seite.

Berechnen Sie die Gesamtfederrate der Federn R_2 in Abhängigkeit von R_1.

$$R_{ges,2} = R_2 + R_2 = 2 \cdot R_2 = \frac{2}{3} \cdot R_1$$

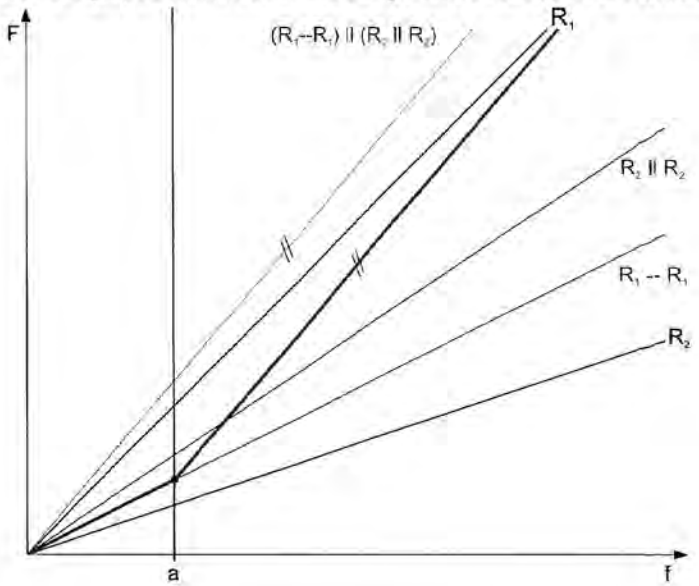
a) (Rest) Konstruieren Sie die Federkennlinie des Systems im untenstehenden Schaubild. Verwenden Sie dabei die Länge a.

b) (Rest) Berechnen Sie die Gesamtfederraten des Systems.

$$\frac{1}{R_{ges,1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} = \frac{2}{R_1} \Rightarrow R_{ges,1} = \frac{R_1}{2}$$

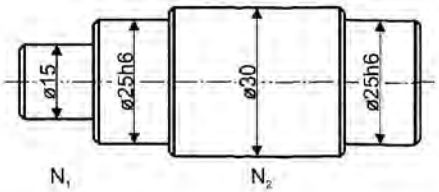
$$\frac{1}{R_{ges,2}} = 2 \cdot R_2 + R_{ges,1} = \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{2}\right) \cdot R_1 = \frac{4+3}{6} \cdot R_1 = \frac{7}{6} R_1$$

Zeichnungen, die mit Hilfe einer Rechnung erstellt werden, werden nicht bewertet!



Aufgabe 1.6 (5 Punkte)

Bei der rechts dargestellten Welle wird ein Torsionsmoment am Nabensitz N_1 eingeleitet und am Nabensitz N_2 ausgeleitet.



a) Prüfen Sie überschlägig nach, ob die Welle ausreichend dimensioniert ist.

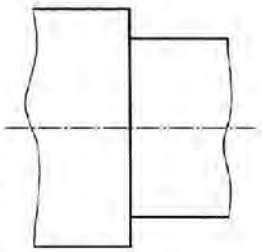
Gegeben sind: $M_t = 100$ Nm, $\tau_{t,zul} = 100$ N/mm², $W_{t,Kreis} = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$, $\sqrt[3]{\frac{16}{\pi}} = 1{,}72$

$$(\tau_{t,vorh} \le \tau_{t,zul})$$

$$\left(\tau_{t,vorh} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{M_t \cdot 16}{\pi \cdot d_{min}^3} \le \tau_{t,zul}\right)$$

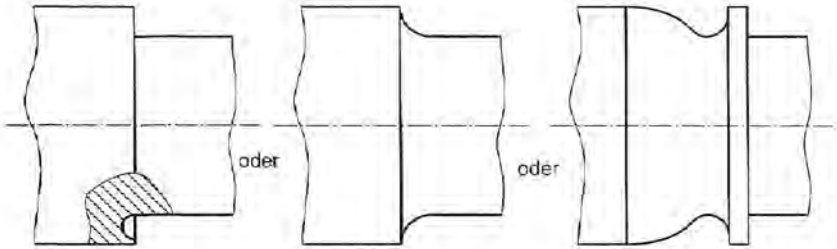
$$d_{min} \ge \left(\sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_{t,zul}}} =\right) 1{,}72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\tau_{t,zul}}} = 1{,}72 \cdot \sqrt[3]{\frac{100.000}{100}\text{mm}^3} = 1{,}72 \cdot \sqrt[3]{1.000}\ \text{mm} = 17{,}2\ \text{mm} > 15\ \text{mm}$$

b) Die Welle besitzt Absätze wie rechts dargestellt.
Welches Problem kann sich hier ergeben?



Kerbwirkung

c) Skizzieren Sie eine verbesserte Variante, welche das Problem abschwächt.



Aufgabe 1.7 (3 Punkte, nicht für verf.!)

a) Nennen Sie je 2 Möglichkeiten wie man eine Welle-Nabe-Verbindung form-, stoff- und reibschlüssig verbinden kann.

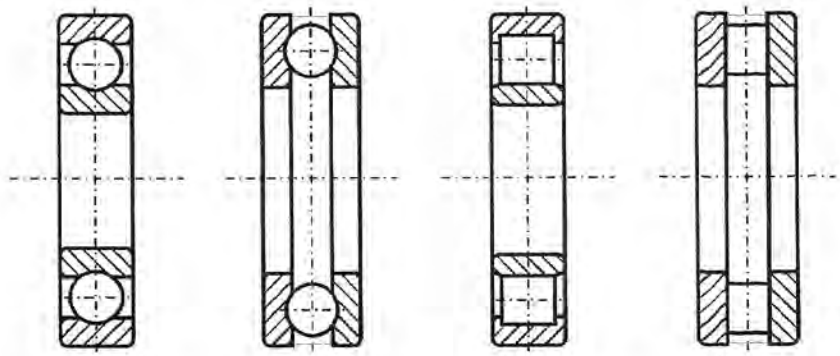
formschlüssig:	stoffschlüssig:	reibschlüssig:
- Passfeder	- Kleben	- Klemmverbindung
- Scheibenfeder	- Löten	- zyl. Pressverband
- Keilwelle	- Schweißen	- Kegel-Pressverband

b) Nennen Sie 3 Vorteile von Keilwellenverbindungen.

- geeignet für große Drehmomente
- geeignet für stoßartige und wechselnde Drehmomente
- mäßige Kerbwirkung bzgl. Biegung
- axiale Verschiebbarkeit der Krafteinleitungsstelle

Aufgabe 1.8 (6 Punkte, nicht für verf.!)

Skizzieren Sie jeweils ein radial-axial und ein axial belastbares Rillenkugellager sowie jeweils ein radial und ein axial belastbares Zylinderrollenlager im Schnitt.



(radial-axial belastbares) Rillenkugellager

Axial-Rillenkugellager

(radial belastbares) Zylinderrollenlager

Axial-Zylinderrollenlager

Aufgabe 1.9 (3 Punkte, nicht für verf.!)

a) Worin besteht der Unterschied zwischen hermetisch dicht und technisch dicht?

Hermetisch dicht: jeglicher Stoffstrom wird unterbunden
Technisch dicht: geringer, sehr kleiner Stoffstrom

b) Nennen Sie 2 Nachteile von Flachdichtungen.

- Bei Druckstoß kann Dichtung ausgeblasen werden
- Lage des Dichtungselements unsicher
- Dichtung wird leicht schief gespannt
- Innendruck entlastet Dichtung

Aufgabe 1.10 (3 Punkte, nicht für verf.)

Kreuzen Sie an, ob die jeweilige Aussage zu Kupplungen bzw. Getrieben richtig oder falsch ist.

Kupplungen	Richtig	Falsch
Nicht alle Kupplungen können Längskräfte leiten	X	
Kardangelenke ermöglichen große Achswinkel	X	

Getriebe	Richtig	Falsch
Stirnräder lassen sich einfacher Herstellen verglichen mit Kegelrädern.	X	
Hohlräder können nicht bei Planetengetrieben verwendet werden.		X
Mit Stirnschraubrädern sind keine großen Achsversetzungen möglich.		X
Schneckengetriebe werden hauptsächlich für sehr kleine Übersetzungen eingesetzt.		X

Aufgabe 1.11 (10 Punkte)

Bemaßen Sie die auf der folgenden Seite dargestellte Welle (Maßstab 1:1) funktions- und fertigungsgerecht mit Angabe aller Oberflächenrauheiten und Passungen.

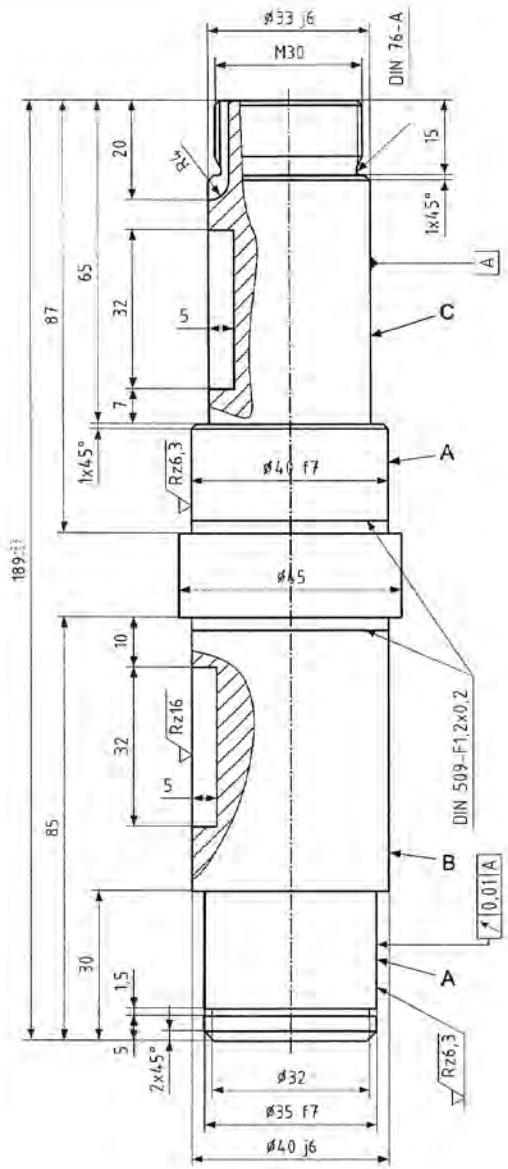
Die Zapfen A dienen zur Aufnahme von Lagern. Am Nabensitz B wird mit einer Passfeder ein Zahnrad montiert. Am Nabensitz C sitzt mit einer Passfederverbindung ein Handrad. Die Gesamtlänge der Welle darf nur zwischen -0,1 mm bis +0,2 mm abweichen.

Entnehmen Sie alle Maße der Zeichnung.

Die Rundlaufabweichung des Nabensitzes C bezüglich der Lagerstelle A sollte 0,01 mm nicht überschreiten.

Toleranzen:
Durchmesser Zapfen A (2x): f7
Durchmesser Nabensitz B und C: j6

Oberflächen:
Zapfen A (2x): R_z 6,3
Nabensitz B: R_z 16
Allgemein: R_z 63



Rz63 (Rz6,3 Rz16) M 1:1

KTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Universität Stuttgart
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design
Prof. Dr.-Ing. T. Maier

Diplomvorprüfung Grundzüge der Maschinenkonstruktion I+II — Autip, Techpäd, Tema

Name	Vorname	Matr.-Nr.
TEIL 2	Zeit: **60 MIN**	Hilfsmittel: **ALLE**

Aufgabe 2.1 Schweiß- und Lagerberechnung (30 Punkte)

Der Druckbehälter eines chemischen Reaktors ist gemäß nachfolgender Prinzipskizze (Bild 1) drehbar mit einer Fest-Loslagerung auf einer Achse gelagert. Die Lagerung ist mit einem Hohlprofil und einer Platte mit dem Druckbehälter verbunden. Das Hohlprofil ist mit der Platte verschweißt (Detail X, Bild 1). Die Naht hat eine Breite von a = 3 mm.

Über einen vorgespannten Keilriemen wird der Reaktor mit der Drehzahl n und der Leistung P angetrieben. F_R ist die gesamte auf die Achse ausgeübte Riemenkraft, F_G die Gewichtskraft des Druckbehälters. Der Druckbehälter des Reaktors ist durch Schraubverbindungen mit der Wand verbunden.

Beim Anlaufen des Reaktors kann die Torsionsspannung in der Schweißnaht nicht vernachlässigt werden.

Die Lager müssen mindestens eine erforderliche Lebensdauer L_{erf} aufweisen.

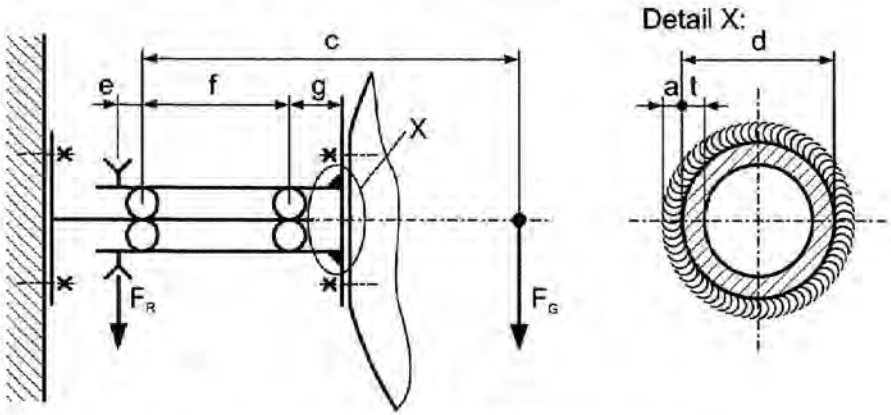


Bild 1: Prinzipskizze der Druckbehälteraufhängung

Werte:

Riemenkraft:	F_R = 2000 N
Gewichtskraft des Druckbehälters:	F_G = 1000 N
Geometrische Abmessungen:	c = 600 mm
	d = 90 mm
	e = 5 mm
	f = 50 mm
	g = 20 mm
Nahtdicke:	a = 3 mm
Beiwerte:	$v_{x1} = v_{b1} = v_{z1} = v_{s1} = 0{,}8$
	$v_2 = 1$
erf. Lagerlebensdauer:	L_{erf} = 4000 h
Drehzahl:	n = 50 min^{-1}
Leistung:	P = 9,5 kW

1. Schweißnahtberechnung:
   a) Berechnen Sie die Belastungen (Kräfte, Momente).
   b) Welche Spannungen treten auf?
   c) Berechnen Sie die auftretenden Spannungen.
   d) Berechnen Sie mit der unten angegebenen Formel die Vergleichsspannung σ_{vw}.

$$\sigma_{vw} := \sqrt{\left(\sigma_{bw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{zw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{z1}}\right)^2 + 1{,}8\cdot\left(\tau_{sw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{s1}} + \tau_{tw}\cdot\frac{v_{x1}}{v_{s1}}\right)^2}$$

2. Lagerberechnung:
   e) Berechnen Sie die axialen und radialen Lagerkräfte in den Lagern A und B.
   f) Berechnen Sie die Lebensdauer bei einer konstanten Drehzahl n = 50 min^{-1} für die Lager A und B (Rillenkugellager 6208 mit normaler Lagerluft).
   g) Ist die Lebensdauer der Rillenkugellager 6208 für den Reaktor ausreichend? (Begründung)

Aufgabe 2.2 Bohrvorrichtung (30 Punkte)

Zum Ausführen von Bohrarbeiten in einer Kleinserienproduktion muss nach der Prinzipskizze (s. Bild 2) eine Bohrvorrichtung konstruiert werden. Damit werden in das Drehteil (4) gleichmässig am Umfang verteilte Löcher gebohrt. Zum Bohren wird das Drehteil (4) manuell durch die Welle (1) in Bearbeitungsposition gedreht. Mit dem Arretierhebel (6), der in Bohrungen an der Teilscheibe (2) einrastet, erfolgt die gleichmässige Aufteilung der Bearbeitungspositionen. Die Prinzipskizze zeigt den Arretierhebel (6) im eingerasteten Zustand. Durch Herausziehen des Arretierhebels (6) wird die Teilscheibe (2) entriegelt. Das Drehteil (4) kann in die nächste Bearbeitungsposition durch manuelles Drehen der Welle (1) gebracht werden.

Das Drehteil (4) wird auf der Welle (1) radial fixiert und durch den Drehknebel (5), der mit einem Innengewinde versehen ist, axial eingespannt. Die Welle (1) ist durch das Gleitlager (3) und den Sicherungsring (11) radial und axial am Fundament (10) gelagert. Der Arretierhebel (6) wird durch das Gehäuse (7) axial geführt und mit einer durch den Deckel (8) vorgespannten Feder (9) im eingerasteten Zustand gehalten.

Vervollständigen Sie die Zeichnung der Bohrvorrichtung auf dem beigefügten Arbeitsblatt. Beachten Sie dabei die folgenden Punkte:

1. Die Prinzipskizze zeigt nur die Funktion der Bohrvorrichtung. Montierbarkeit und Herstellbarkeit der Teile sind dabei nicht berücksichtigt, sollen aber in der Lösung umgesetzt werden.
2. Der Arretierhebel (6) soll im eingerasteten Zustand dargestellt werden.
3. Das Gehäuse (7) des Arretierhebels (6) soll vervollständigt und mit dem Deckel (8) versehen werden. Die Schraubverbindung zwischen dem Deckel (8) und dem Gehäuse (7) ist vollständig darzustellen.
4. Eine der Schraubverbindungen zwischen dem Gehäuse (7) und dem Fundament (10) soll vollständig dargestellt werden. Die andere darf durch Strichpunktlinien symbolisch dargestellt werden.
5. Die Verbindung zwischen der Welle (1) und der Teilscheibe (2) soll formschlüssig durch einen Passstift erfolgen.
6. Die Welle (1) soll im Fundament (10) mit einem Gleitlager (3) radial gelagert und axial mit einem Sicherungsring (11) fixiert werden.
7. Der Drehknebel (5) sowie dessen Schraubverbindung mit der Welle (1) sollen gezeichnet werden.

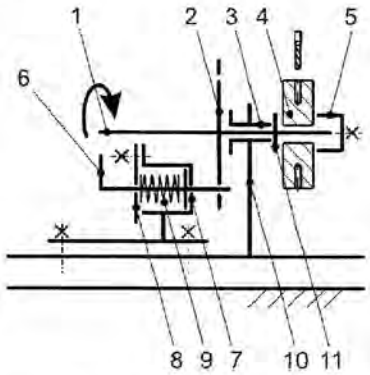
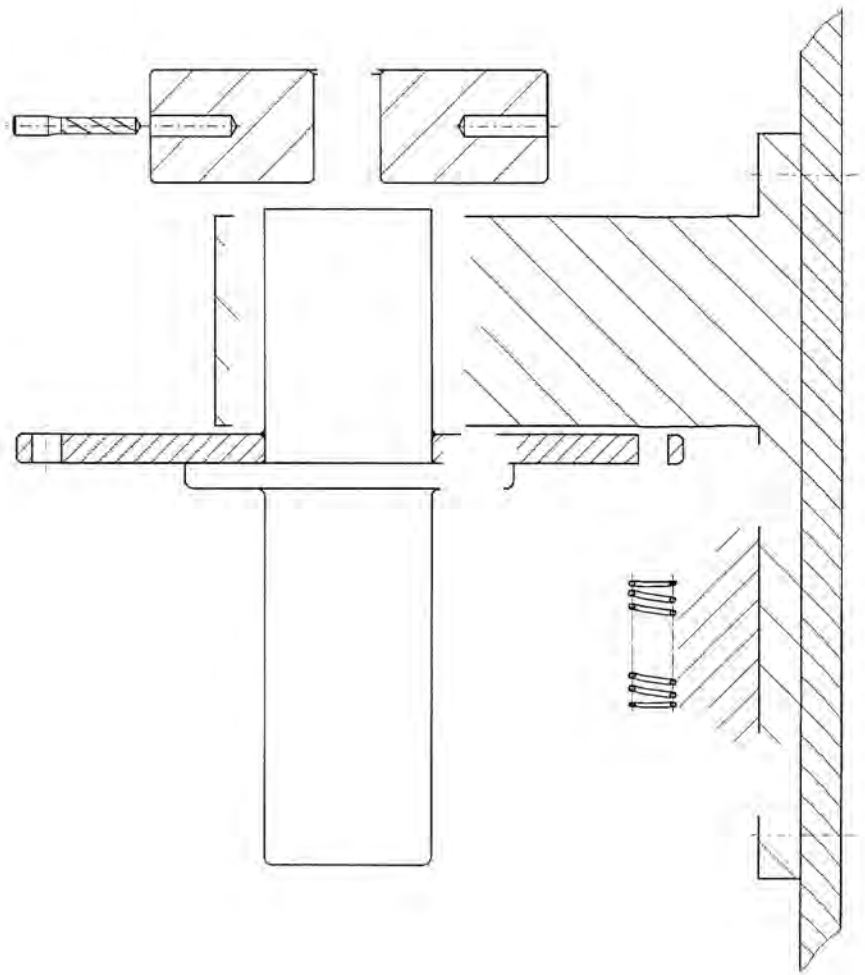


Bild 2: Prinzipskizze der Bohrvorrichtung

Aufgabe 2.2 Arbeitsblatt

Name: _____ **Matr.-Nr.:** _____



0. Gegebene Daten

Kräfte: $F_R := 2000\ N$

$F_G := 1000\ N$

$R_{eE235} := 235\ \frac{N}{mm^2}$

$R_{eE355} := 355\ \frac{N}{mm^2}$

$c := 600\ mm$

$d := 90\ mm$

$n := 50\ min^{-1}$

$e := 5\ mm$

$f := 50\ mm$

$g := 20\ mm$

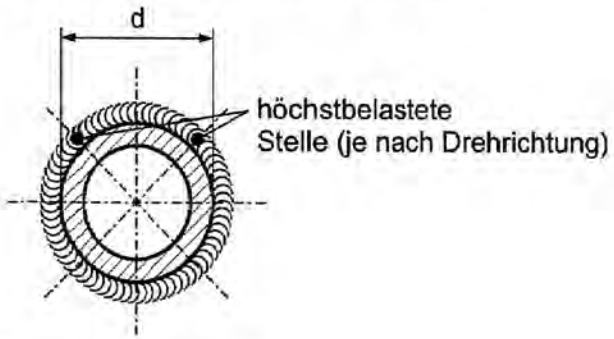
$P := 9500\ W$

$l := 50\ mm$

$s := 4.2\ mm$

Festigkeitsnachweis der Schweißnaht N1

3.1 Nahtverlauf und Nahtabmessungen festlegen



3.2 Belastungsart bestimmen

Belastungen in der Schweißnaht: Schub, Biegung, Torsion

3.3 Belastungsfall prüfen

Überwiegend statische Belastung

3.4 Kenngrößen der Schweißnaht ermitteln

$a := 0.7 \cdot s$ $\quad a = 2.94\ mm$

gewählt: $a := 3\ mm$

3.5 Schnittgrößen (Kräfte und Momente) in der Schweißnaht ermitteln

$F := F_G$ $\quad F = 1000\ N$

$M_b := F_G \cdot (c - f - g)$ $\quad M_b = 530\ N \cdot m$

$M_t := \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$ $\quad M_t = 1814.37\ N \cdot m$

3.6 Nennspannungen und Vergleichsspannungen ermitteln

a) Schubspannung $\tau_s := \frac{F}{A_{N1}}$

$A_{N1} := \frac{\pi}{2} \cdot a \cdot (d + a)$ $\quad A_{N1} = 438.25\ mm^2$

(nur die halbe Fläche berücksichtigen, Kreisrohr)

$\tau_s := \frac{F}{A_{N1}}$ $\quad \tau_s = 2.28\ \frac{N}{mm^2}$

b) Biegespannung $\sigma_b := \frac{M_b}{W_b}$

$W_b := \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d + 2\,a)^4 - d^4}{d + 2\,a}$ $\quad W_b = 19762.43\ mm^3$

$\sigma_b := \frac{M_b}{W_b}$ $\quad \sigma_b = 26.82\ \frac{N}{mm^2}$

c) Torsionsspannung

$\tau_t := \frac{M_t}{W_t}$

$W_t := 2 \cdot A_m \cdot a$

$A_m := \pi \cdot \frac{(d + a)^2}{4}$ $\quad A_m = 6792.91\ mm^2$

$W_t := 2 \cdot A_m \cdot a$ $\quad W_t = 40757.45\ mm^3$

$\tau_t := \frac{M_t}{W_t}$ $\quad \tau_t = 44.52\ \frac{N}{mm^2}$

Grundzüge der Maschinenkonstruktion II / Maschinen- und Apparatekonstruktion, Teil 2.1 Lösung

Vergleichsspannung:

$\sigma_{bw} := \sigma_b \qquad \sigma_{zw} := 0 \cdot \frac{N}{mm^2} \qquad \tau_{sw} := \tau_s \qquad \tau_{tw} := \tau_t$

$v_{x1} := 0.8 \qquad v_{b1} := 0.8 \qquad v_{z1} := 0.8 \qquad v_{s1} := 0.8$

$$\sigma_{vw} := \sqrt{\left(\sigma_{bw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{zw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{z1}}\right)^2 + 1.8 \cdot \left(\tau_{sw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}} + \tau_{tw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}}\right)^2}$$

$\sigma_{vw} = 68.27 \cdot \frac{N}{mm^2}$

3.7 Beiwerte v_1 und v_2 bestimmen

$v_{x1} = 0.8$ (siehe 3.6)

(gegeben in Aufgabenstellung)

$v_2 := 1$ (nachgewiesene Nahtgüte)

3.8 Werkstoff wählen und Werkstoffkenngrößen ermitteln

$R_{eE235} = 235 \cdot \frac{N}{mm^2}$ (S235)

3.9 Sicherheit berechnen

$S := v_{x1} \cdot v_2 \cdot \frac{R_{eE235}}{\sigma_{vw}} \qquad S = 2.75$

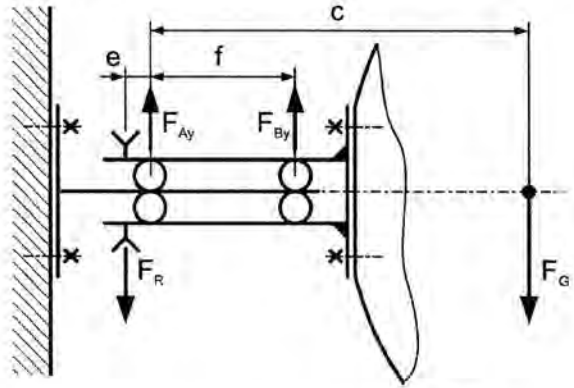
3.10 Wie würde sich die Sicherheit der Schweißnaht verändern, wenn an Stelle des Hohlprofils ein Vollprofil verwendet würde?

Die Sicherheit der Schweinaht würde größer werden.

Bei Vollprofilen wird bei der Schubspannungsberechnung die gesamte Fläche der Schweinaht einbezogen. Dadurch verkleinert sich die Schubspannung und entsprechend die Vergleichsspannung. -> Die Sicherheit wird größer.

Lösung Teil II Lagerberechnung:

0. Gegebene Werte



Riemenscheibe:	$F_R := 2000\ N$
Gewichtskraft des Druckbehälters:	$F_G := 1000\ N$
Geometrische Abmessungen:	$c := 600\ mm$
	$e := 5\ mm$
	$f := 50\ mm$
erf. Lebensdauer:	$L_{erf} := 4000h$
Drehzahl:	$n := 50\ min^{-1}$

1. Berechnung der Lagerkräfte

$\Sigma F_x := 0$

$\Sigma Fy := 0 \qquad -F_R - F_G + F_{Ay} + F_{By} := 0$

$\Sigma M_A := 0 \qquad \left(F_R \cdot e + F_{By} \cdot f\right) - F_G \cdot c := 0$

$F_{Ay} := F_R + F_G - F_{By}$

$F_{By} := \frac{F_G \cdot c - F_R \cdot e}{f}$

$F_{Ay} := F_R + F_G - F_{By}$

$F_{By} = 11800 \cdot N$

$F_{Ay} = -8800 \cdot N \qquad => \qquad F_{Ay} := 8800\ N$

2. Lebensdauer der Lager

=> Rillenkugellager 6208

$C_A := 29000\ N$ $C_B := 29000\ N$ (aus Lagerkatallog)

$p := 3$

$P := X \cdot F_r + Y \cdot F_a$

$F_{rA} := F_{Ay}$ $F_{rB} := F_{By}$

$F_a := 0\ N$

$X := 1$

$P_A := F_{rA}$ $P_B := F_{rB}$

Nachrechnen der Lebensdauer:

$$L_{hA} := \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_A}{P_A}\right)^p \qquad L_{hA} = 11929.57\ h$$

$$L_{hB} := \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_B}{P_B}\right)^p \qquad L_{hB} = 4947.97\ h$$

3. Lebensdauer der Lager

$L_{hA} = 11929.57\ h \Rightarrow L_{erf} := 4000h$

$L_{hB} = 4947.97\ h \Rightarrow L_{erf} := 4000h$

