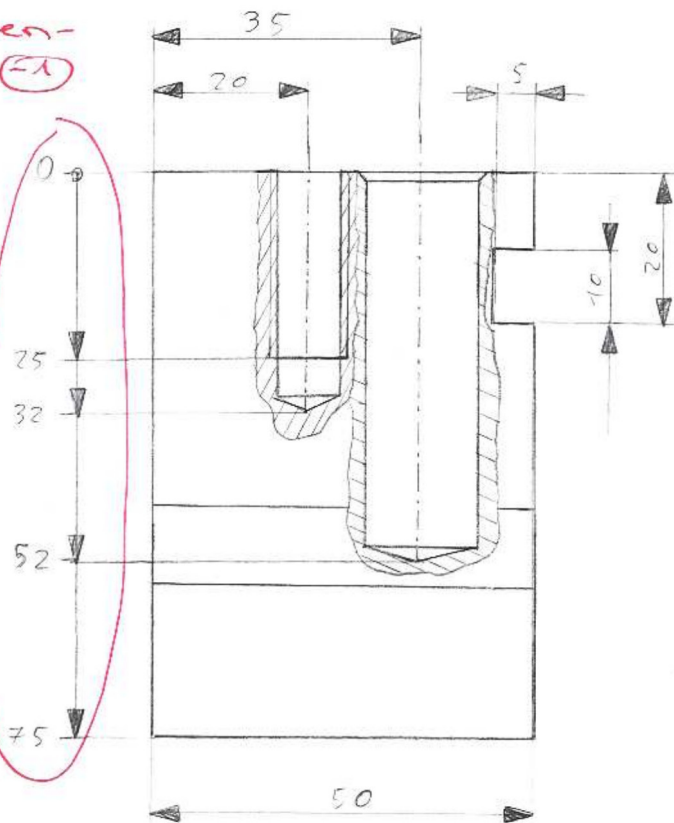
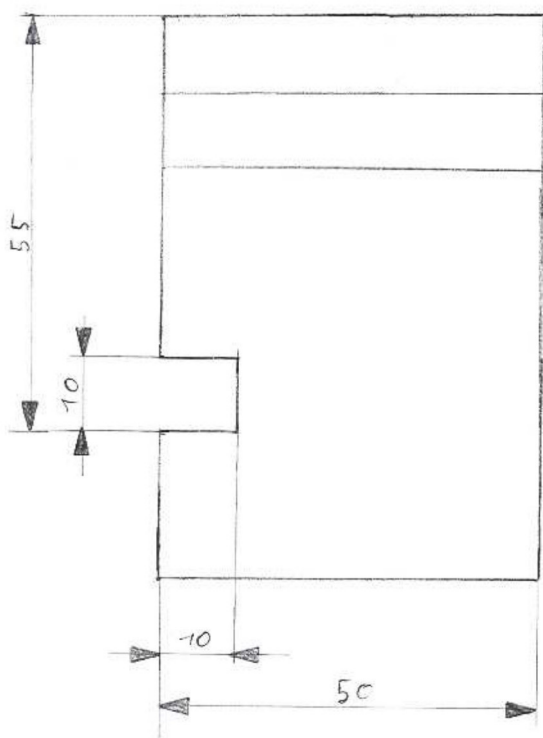
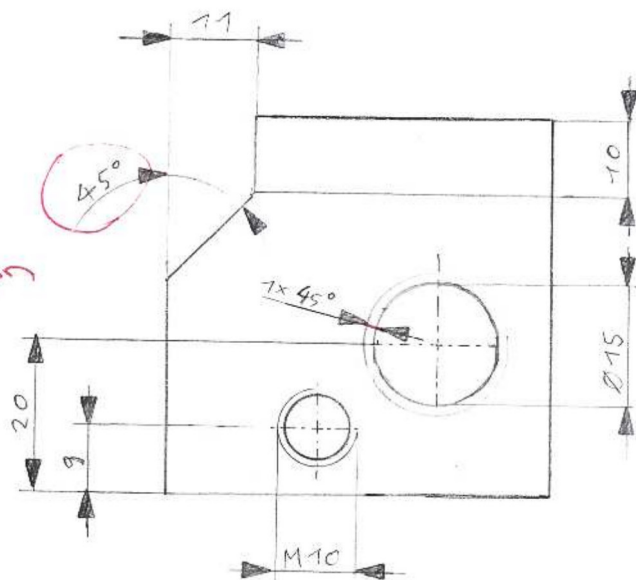


keine Ketten-
maße! (-1)



~~x1~~ ~~kl~~
~~Funktioniert
 in Kombination
 mit den
 Klotzmaßen 50/50
 und den Abstands-
 maßen 10/10
 nicht! Gleichseitiges
 Dreieck!~~

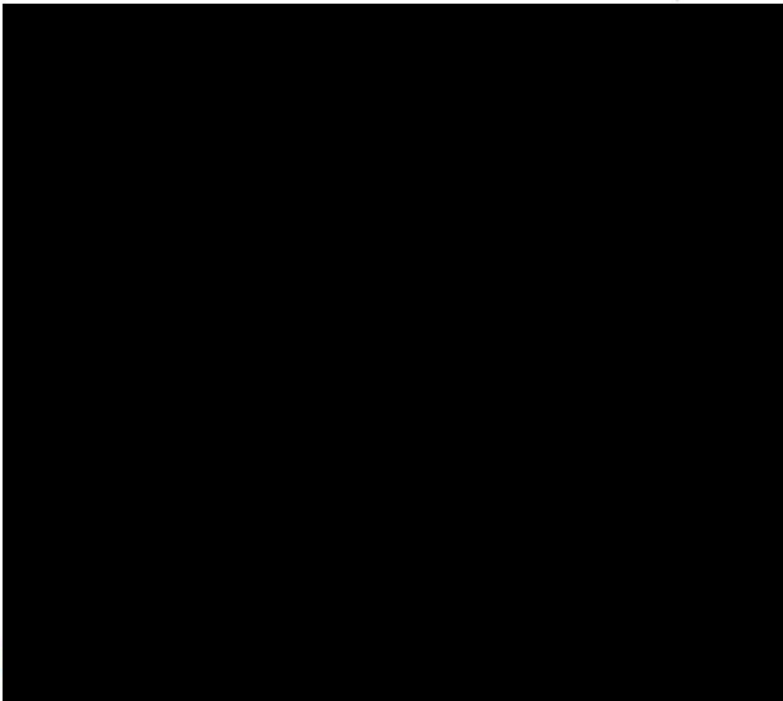


Nächstes Mal besser Zeichnungsvorlage auf A3 ausdrucken
 und den Bäumen zu Liebe ein dünneres Papier!

Maßstab 1:1	Gewicht	Allgemeintoleranz	Oberfläche	Tutor:	[Redacted]
Werkstoff	Format A4			Tutoriumstermin:	[Redacted]
Technische Universität Berlin	Dokumentenart: Fertigungszeichnung			Name:	[Redacted]
	Titel, zusätzlicher Titel Klotz 3			Matrikel-Nr.	[Redacted]
		Datum	[Redacted]	Blatt	von
			1	1	

Titel: Hausaufgabe 2 im SoSe 2015

Name:
Vorname:
Mat.-Nr.:
E-Mail-Adresse:
Studiengang:
Modus (Bsc./Dipl.):
Tutor:
Übungstermin:



Aufgabe 1	47	/	50
Aufgabe 2	12	/	15
Aufgabe 3	20	/	20
Form	5	/	5
Gesamt	84	/	90

84 / 90

Inhaltsverzeichnis

A	Selbstständigkeitserklärung	2
B	Inhaltsverzeichnis	3
C	Literaturverzeichnis	13
1	Aufg. 1 Bohrvorrichtung	4
1.1	Aufg. 1a Grundplatte	4
1.1.1	Berechnung Kernloch u. Gewinde	4
1.1.2	Fertigungszeichnung Grundplatte	5
1.2	Aufg. 1b Baugruppe	6
1.2.1	Baugruppenzeichnung Bohrvorrichtung	6
1.2.1.1	Stückliste	6
1.2.1.2	Passungstabelle	7
1.2.2	Funktion einer Bohrbuchse	8
2	Aufg. 2 Toleranzen	8
2.1	Aufg. 2a Zulässige Wertebereiche für Toleranzen	8
2.2	Aufg. 2b Passungsbestimmung	8
2.3	Aufg. 2c Quaderstapel	9
2.4	Aufg. 2d Fräsung mit Quadern	9
3	Aufg. 3 Gussgestaltung	10
3.1	Berechnung Teilkörpergewicht	10
3.1.1	Außenkranz	10
3.1.2	Steg	10
3.1.3	Innenkranz	11
3.1.4	Zusammen	11
3.1.5	Gesamtmasse	11
3.2	Fertigungszeichnung Schwungrad	12

1 Aufg. 1 Bohrvorrichtung

1.1 Aufg. 1a Grundplatte

1.1.1 Berechnung Kernloch u. Gewinde

M6 => Gewindenennendurchmesser $d=6\text{mm}$
min. Nutzlänge: 20mm
Bohrdurchmesser Regelgewinde¹ $d_k=5,0\text{mm}$
max Durchmesser Kopf² 10,0mm
Gewindesteigung Regelgewinde¹ $P=1$
Senkung Schraubenkopf²: $k_{\text{max}} = 6,0\text{mm}$

Berechnung Gewinde:

Mindesteinschraubtiefe für Festigkeit 8.8³

$$\begin{array}{r} 1,2 \cdot d \quad (\text{in mm}) \\ = 7,2 \\ 3 \cdot P \\ = 3,0 (+) \\ \hline 10,2 \end{array}$$

Gewindeüberstand X^3

Gewinde Mindesttiefe

Berechnung Kernloch:

Gewinde Mindesttiefe

Gewindeauslauf Regelfall⁴

$$\begin{array}{r} 15,3 \\ 5,1 (+) \\ \frac{d_k/2}{\tan(\sigma/2)} \approx 1,5 (+) \\ \hline 16,8 \end{array}$$

Spitzwinkel⁵ $\sigma=118^\circ$

Kernloch Mindesttiefe

Scharnierplatte Höhe

Senkung f. Schraubenkopf: $k_{\text{max}} + \text{Zugabe}^6$

Anteil Scharnierplatte

$$6,0 + 0,4 = \begin{array}{r} 14 \\ 6,4 (-) \\ \hline 7,6 \end{array}$$

Schrauben (-1)
sollten
nicht einge-
senkt werden

Schraube Nutzlänge(min.)

Anteil Scharnierplatte

Mindesteinschraubtiefe

Zusatz zum Gewinde & Kernloch

$$\begin{array}{r} 20 \\ - 7,6 \\ - 7,2 \\ \hline 5,2 \end{array}$$

FF:

Nutzlänge ist also 20 mm

Kernloch m. Zusatz: $16,8 + 5,2 = \underline{22\text{ mm}}$

Gewindetiefe m. Zusatz: $10,2 + 5,2 \approx \underline{15\text{ mm}}$

FF.

1 DIN 336:2003-07, Tabelle 1

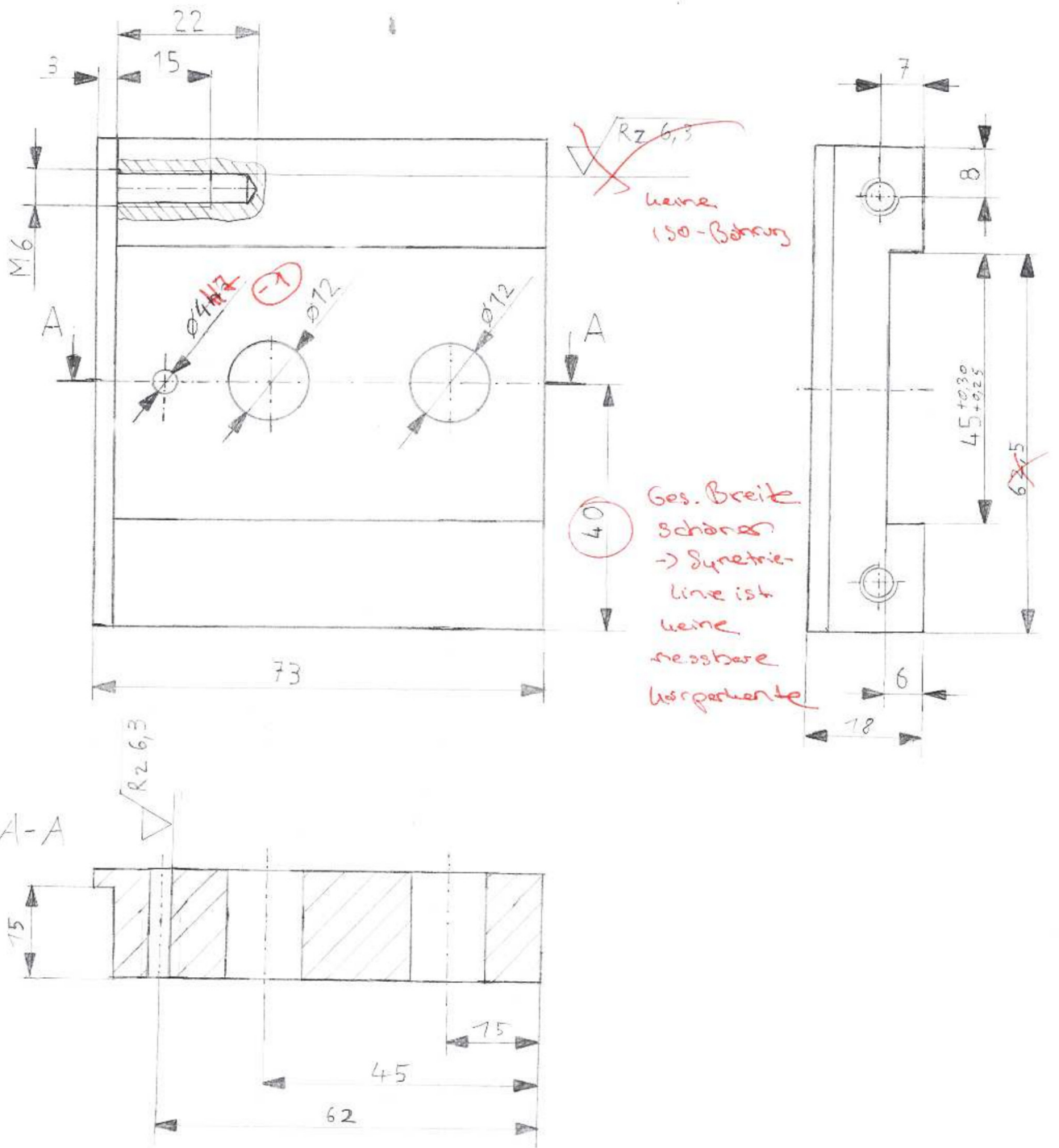
2 DIN EN ISO 4762:2004 (D), Tabelle 1

3 Tabellenbuch Metall, 44. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel, S. 210

4 DIN 76-1: 2004-06 Tabelle 2 (Innengewinde)

5 DIN 1414-1:2006-11, Kap 6.11.2

6 Tabellenbuch Metall, 44. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel, S. 224

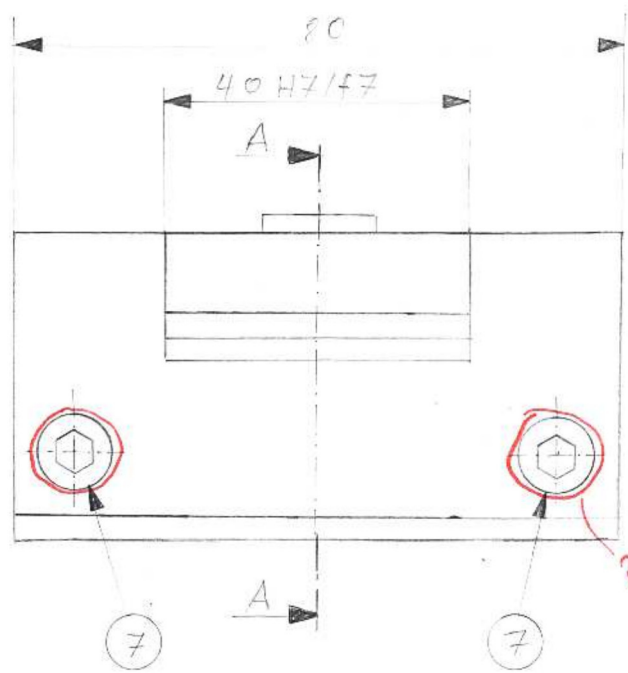


$+0,05$
 $+0,02$

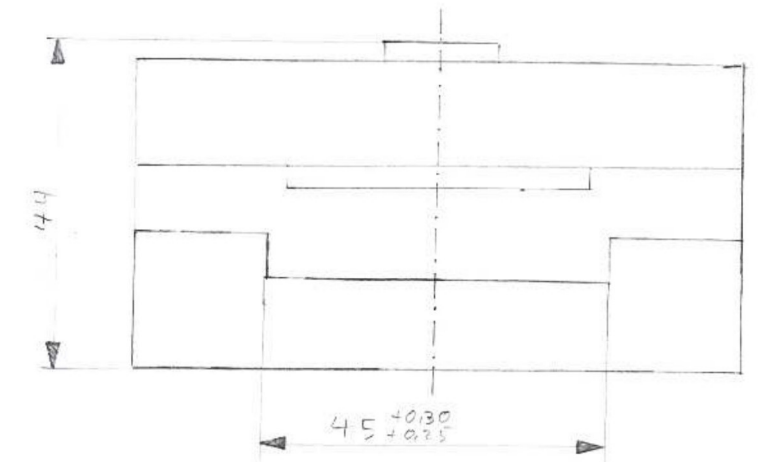
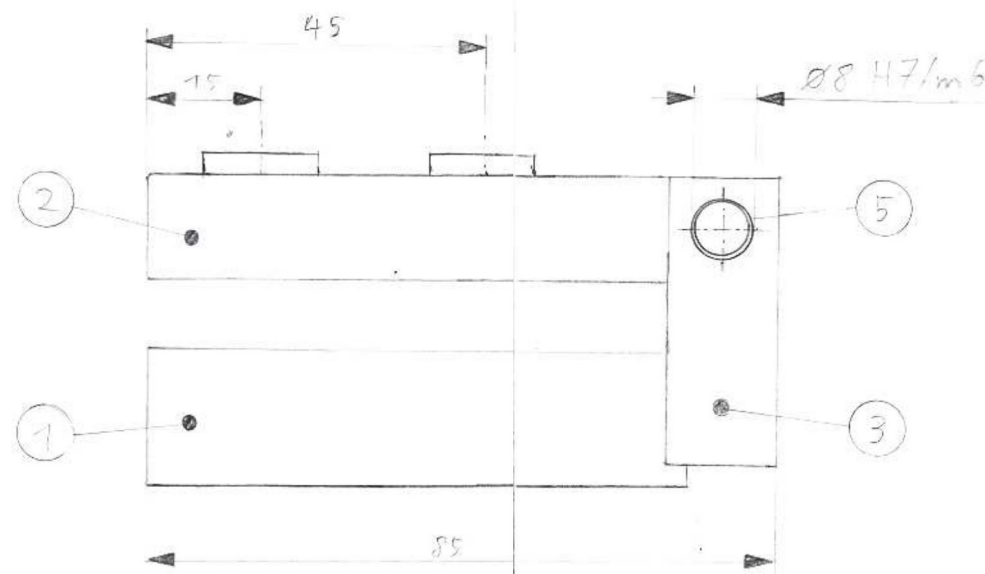
$-0,3$
 $-0,5$

$Rz\ 25$ ($Rz\ 6,3$)

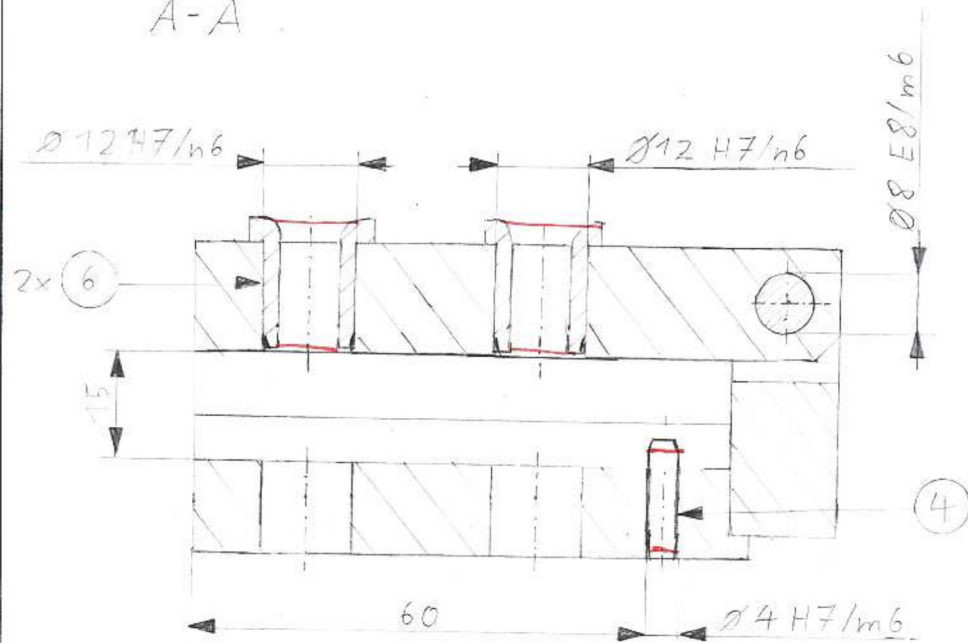
Maßstab 1:1	Gewicht	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mk	Oberfläche DIN ISO 1302	Tutor: [redacted]
Werkstoff	Format A4			Tutoriumstermin: [redacted]
Technische Universität Berlin	Dokumentenart Fertigungszeichnung	Name [redacted]		
	Titel, zusätzlicher Titel Bohrvorrichtung Grundplatte	Matrikel-Nr. [redacted]		
		Datum [redacted] 2015	Blatt 1	von 1



Bei Senkung Bohrung zu sehen!



A-A



Darstellung Schraubenverbindung (2)
↳ 1x ausbrechen

Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
7	2	Stck	Zylinderschraube	DIN EN ISO 4762 - M6 x 20	8.8
6	2	Stck	Bundbohrbuchse	DIN 172 - A 8 x 16	
5	1	Stck	Zylinderstift	DIN EN ISO 8734 - 8 x 80 - A	
4	1	Stck	Zylinderstift	DIN EN ISO 8734 4 x 16 - A	
3	1	Stck	Scharnier		
2	1	Stck	Deckel		
1	1	Stck	Grundplatte		

Maßstab	1:1	Gewicht	Allgemeintoleranz	Oberfläche
Werkstoff		Format	DIN ISO 2768-mK	DIN ISO 1302
Technische Universität Berlin		Dokumentenart		
		Baugruppenzeichnung		
		Titel, zusätzlicher Titel		
		Bohrvorrichtung		

Passmaß	Toleranzbezeichnung	Abmaße	Spiel / Übermaß
Ø 4 H7m6	H7	+0,012 +0	max. Übermaß: -0,012
	m6	+0,012 +0,004	max. Spiel: 0,008
Ø 8 H7m6	H7	+0,015 +0	max. Übermaß: -0,015
	m6	+0,015 +0,006	max. Spiel: 0,009
Ø 8 E8m6	E8	+0,047 +0,025	min. Spiel: 0,010
	m6	+0,015 +0,006	max. Spiel: 0,041
Ø 12 H7n6	H7	+0,018 +0	max. Übermaß: -0,023
	n6	+0,023 +0,012	max. Spiel: 0,006
40 H7f7	H7	+0,025 +0	min. Spiel: 0,025
	f6	-0,025 -0,050	max. Spiel: 0,075

Maßstab 1:1	Gewicht	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768 -mK	Oberfläche DIN ISO 1302
Werkstoff		Format A3	
Technische Universität Berlin		Dokumentenart Baugruppenzeichnung	
		Titel, zusätzlicher Titel Bohrvorrichtung	

Blatt	von
2	2

1.2 Aufg. 1b Baugruppe

1.2.3 Funktion einer Bohrbuchse

Eine Bundbohrbuchse dient zur Führung von Spiralbohrern, Senkern, sowie Stufenbohrern⁷. Das Werkstück kann ohne zu kornen durchbohrt werden, da der Bohrer durch die Buchse nicht verläuft.

Dank der Bohrbuchse kann das Werkstück ohne zusätzliches Einzeichnen und Einstellen der Bohrlöcher direkt an die Apparatur gelegt werden⁷. So kann es auch bei starkem Druck und/oder schiefer Bohransatz seine Position nicht verändern.

2 Aufg. 2 Toleranzen

2.1 Aufg. 2a Zulässige Wertebereiche für Toleranzen

30 E9	30,040 ... 30,092 mm ⁸	✓
42 ±0,07	41,93 ... 42,07 mm	✓
Winkelschenkel mit L=61 37°	36°40' ... 37°20' ⁹	✓
Ø 80 h6	79,981 ... 80,000 mm ¹⁰	✓
Fasnlänge 2,5	2,3 ... 2,7 mm ¹¹	✓
119	117,5 ... 120,5 mm ¹²	✓

2.2 Aufg.2b Passungsbestimmung

Es handelt sich um eine Übergangspassung¹³ mit folgender Bemaßung¹⁴:

Nut: 40,000 ... 40,025 mm

Feder: 40,017 ... 40,033 mm

maximales Spiel: 0,008 mm

maximales Übermaß: -0,033 mm

Die quadratische Feder sitzt in einer ebenso quadratischen Nut, was durch das Quadrat-Symbol \square gekennzeichnet wird. An den horizontalen (lt. Zeichnung) Außenkanten sind Fasen angebracht um ein leichteres Zusammenführen von Feder in Nut zu garantieren. Die Nut ist zudem im Zentrum einer runden Welle mit Durchmesser 100mm positioniert.

7 Tabellenbuch Metall, 44. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel, S. 249

8 DIN EN ISO 286-2:2010-11, EN ISO 286-2:2010 (D) Tabelle 3

9 DIN ISO 2768:1991-06 – Teil 1 Tabelle 3

10 Tabellenbuch Metall, 44. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel, S. 104

11 DIN ISO 2768:1991-06 – Teil 1 Tabelle 2

12 Ebd. Tabelle 1

13 Tabellenbuch Metall, 44. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel, S. 107

14 Ebd. S. 102

2.3 Aufg. 2c Quaderstapel

pro Quader

$$\text{maximale Höhe}^{15} \quad h_{\max} = 30,2 \text{ mm}$$

$$\text{minimale Höhe}^{15} \quad h_{\min} = 29,8 \text{ mm}$$

$$\text{maximale Gesamthöhe} = 4 \cdot h_{\max} = 120,8 \text{ mm}$$

$$\text{minimale Gesamthöhe} = 4 \cdot h_{\min} = 119,2 \text{ mm}$$

2.4 Aufg. 2d Fräsung mit Quadern

$$L_{\max} = 50,3 \text{ mm}$$

$$L_{\text{Fräsung_min}} = 202 \text{ mm} - 1 \text{ mm} = 201 \text{ mm}$$

$$L_{\text{ges}} = 4 \cdot L_{\max} = 201,2 \text{ mm} > L_{\text{Fräsung_min}}$$

→ L Fräsung max. ? (-1)

nur 1 max. Platz (-2)

Also passen die vier Quader der Länge nach nicht in die rechteckige Fräsung.

Der max. Toleranzbereich errechnet sich also wie folgt:

$$L_{\text{Fräsung}} - L_{\text{ges}} = 202 \text{ mm} - 201,2 \text{ mm} = 0,8 \text{ mm}$$

Somit muss der Toleranzbereich der Fräsung $\pm 0,8 \text{ mm}$ sein.

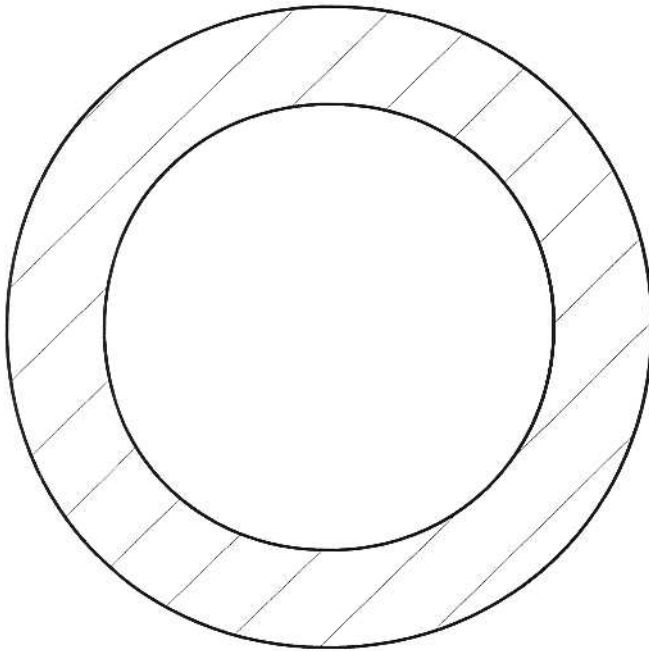
3 Aufg. 3 Gussgestaltung

3.1 Berechnung Teilkörpergewicht

$$m_{ges} = 850 \text{ kg}$$

$$V_{ges} = \frac{m_{ges}}{7,250 \cdot 10^{-9} \text{ kg/mm}^3} \approx 117241379,3 \text{ mm}^3$$

3.1.1 Außenkranz



$$t_A = 300 \dots 350 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{A,aus} = 850 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{A,inn} := 610 \text{ mm}$$

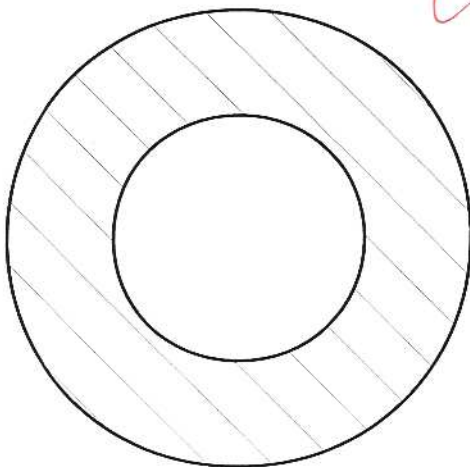
$$t_A := 320 \text{ mm}$$

$$V_A = t_A \cdot \pi \cdot \left(\left(\frac{\varnothing_{A,aus}}{2} \right)^2 - \left(\frac{\varnothing_{A,inn}}{2} \right)^2 \right) \\ \approx 88065125,27 \text{ mm}^2$$

$$\frac{V_A}{V_{ges}} \approx 75\% = \frac{m_A}{m_{ges}}$$

$$m_A = V_A \cdot 7250 \cdot 10^{-9} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \\ \approx \underline{638,47 \text{ kg}}$$

3.1.2 Steg



$$t_S = 80 \dots 110 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{S,aus} = ?$$

$$\varnothing_{S,inn} = 300 \dots 340 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{S,aus} := \varnothing_{A,inn} = 610 \text{ mm}$$

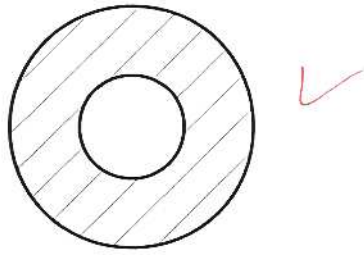
$$\varnothing_{S,inn} := 320 \text{ mm}$$

$$t_S := 80 \text{ mm}$$

$$V_S = t_S \cdot \pi \cdot \left(\left(\frac{\varnothing_{S,aus}}{2} \right)^2 - \left(\frac{\varnothing_{S,inn}}{2} \right)^2 \right) \\ \approx 16945750,77 \text{ mm}^2$$

$$m_S = V_S \cdot 7250 \cdot 10^{-9} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \\ \approx \underline{122,86 \text{ kg}}$$

3.1.3 Innenkranz



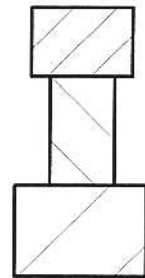
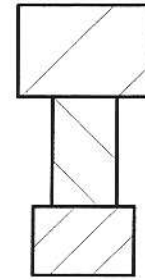
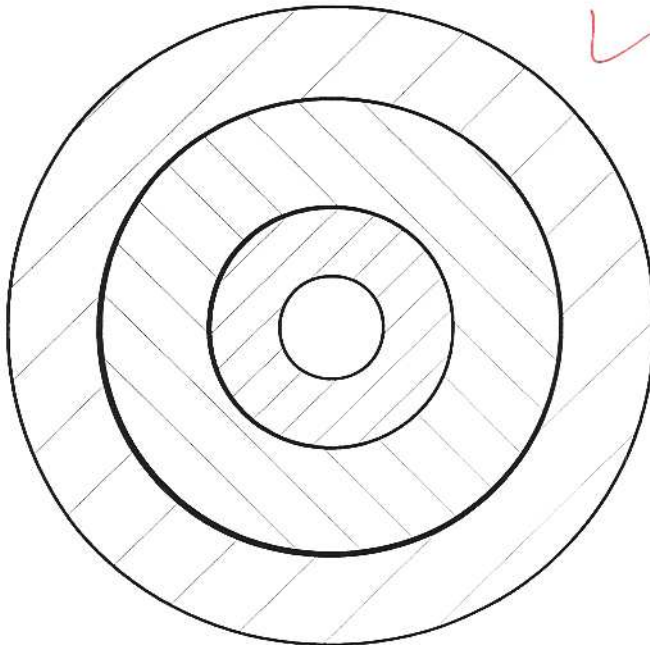
$$\begin{aligned} t_I &= 200 \text{ mm} \\ \varnothing_{I,aus} &= 300 \dots 340 \text{ mm} \\ \varnothing_{I,inn} &= 160 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varnothing_{I,aus} := \varnothing_{S,inn} = 320 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_I &= t_I \cdot \pi \cdot \left(\left(\frac{\varnothing_{I,aus}}{2} \right)^2 - \left(\frac{\varnothing_{I,inn}}{2} \right)^2 \right) \\ &\approx 12063715,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_I &= V_I \cdot 7250 \cdot 10^{-9} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3} \\ &\approx \underline{87,46 \text{ kg}} \end{aligned}$$

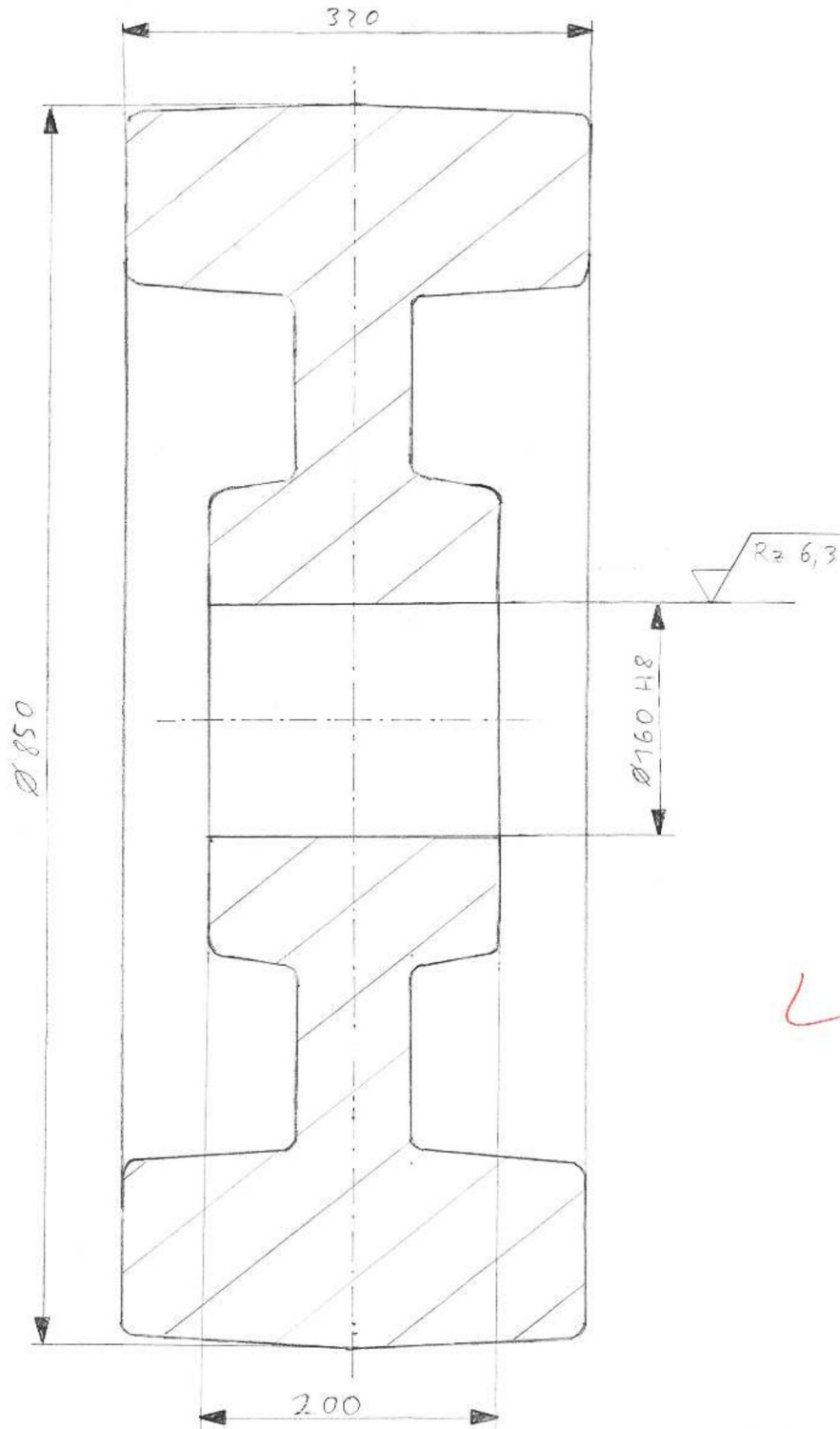
3.1.4 Zusammen



3.1.5 Gesamtmasse

$$m_{\text{ges}} = m_A + m_S + m_I = 638,47 \text{ kg} + 122,86 \text{ kg} + 87,46 \text{ kg} = 848,79 \text{ kg}$$

was im Toleranzbereich von $\pm 2\%$ ($850 \pm 1,7 \text{ kg}$) liegt.



Maßstab 1:5	Gewicht	Allgemeintoleranz DIN 150	Oberfläche DIN 150	
Werkstoff	Format A4	2768-mk	1302	
Technische Universität Berlin	Dokumentenart Fertigungszeichnung			
	Titel, zusätzlicher Titel Schwungrad			
		Blatt 1	von 1	

Literaturverzeichnis

DIN 76-1: 2004-06

DIN 336:2003-07

DIN 1414-1:2006-11, Kap 6.11.2

DIN EN ISO 286-2:2010-11, EN ISO 286-2:2010 (D)

DIN EN ISO 4762:2004 (D)

DIN ISO 2768:1991-06 – Teil 1

Tabellenbuch Metall, 44. Auflage, Verlag Europa Lehrmittel

Titel: Hausaufgabe 3 im SoSe 2015

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

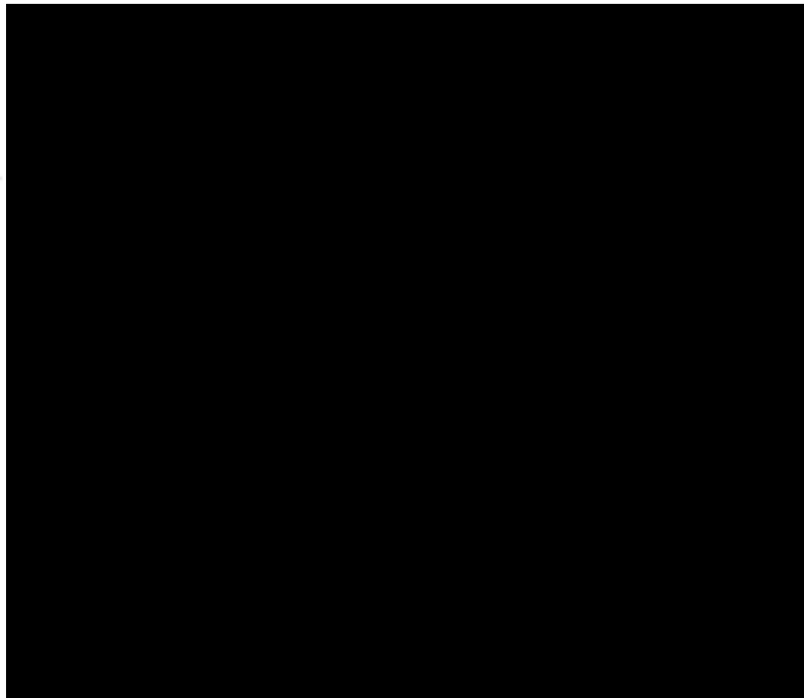
E-Mail-Adresse:

Studiengang:

Modus (Bsc./Dipl.):

Tutor:

Übungstermin:



Aufgabe 1	23	/	23
Aufgabe 2	22	/	22
Aufgabe 3	17	/	15
Aufgabe 4	20	/	21
Form	5	/	5
Gesamt	87	/	90

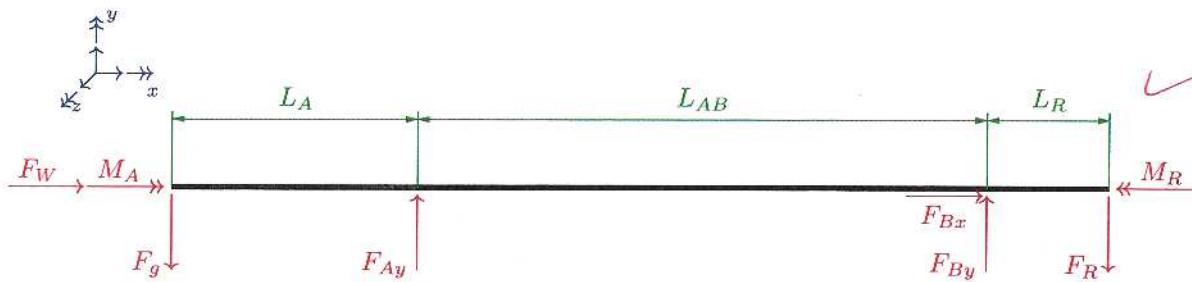
Erreichte Notenpunkte: 8,7 / 9,0

Inhaltsverzeichnis

1	Aufg. 1 Auflagerreaktionen und Schnittlasten	4
1.1	Freischnitt	4
1.2	Berechnung der Auflagerreaktionen	4
1.3	Berechnung der Schnittlasten	5
1.3.1	Bereich I	5
1.3.2	Bereich II	6
1.3.3	Bereich III	7
1.4	Darstellung der Schnittlasten	8
1.4.1	Schnittkräfte	8
1.4.2	Schnittmomente	8
2	Aufg. 2 Spannungen und Festigkeitsnachweis	9
2.1	Aufg. 2a Spannungen	9
2.1.1	Stelle 1	9
2.1.2	Stelle 2	9
2.1.3	Stelle 3	10
2.1.4	Vergleich	10
2.2	Aufg. 2b Festigkeitsnachweis	11
3	Aufg. 3 Wellen-Dimensionierung und Welle-Nabe-Verbindungen	12
3.1	Aufg. 3a Überschlägiger Mindestdurchmesser bzgl. Torsion	12
3.2	Aufg. 3b Überschlägiger Mindestdurchmesser bzgl. Biegung	12
3.3	Aufg. 3c Berechnung einer Passfeder	13
3.4	Aufg. 3d Berechnung einer passenden Keilwelle	14
4	Aufg. 4 Lagerlasten und Lagerlebensdauer	15
4.1	Aufg. 4a Berechnung der Lagerlebensdauer	15
4.1.1	Loslager Rillenkugellager FAG 6011	15
4.1.2	Festlager Rillenkugellager FAG 6207	15
4.2	Aufg.4b Berechnung der erweiterten, modifizierten Lebensdauer	16
4.2.1	Loslager Rillenkugellager FAG 6011	16
4.2.2	Festlager Rillenkugellager FAG 6207	16
4.3	Aufg. 4c Auswahl eines alternativen Loslagers	16
4.3.1	Ersatz für FAG 6011	16
4.3.2	Detaillierter Nachweis für FAG 6211	16

1 Aufg. 1 Auflagerreaktionen und Schnittlasten

1.1 Freischnitt



1.2 Berechnung der Auflagerreaktionen

$$\sum F_y \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow$$

$$0 = -F_g + F_{Ay} + F_{By} - F_R \quad (1)$$

$$\sum F_x \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow$$

$$0 = F_W + F_{Bx} \quad (2)$$

$$\sum M_z^B \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow$$

$$0 = -L_R \cdot F_R - L_{AB} \cdot F_{Ay} + (L_{AB} + L_A) \cdot F_g \quad (3)$$

umformen:

$$\text{aus (2): } F_{Bx} = -F_W \quad (4)$$

$$\text{aus (3): } F_{Ay} = (L_{AB} + L_A) \cdot F_g - \frac{1}{L_{AB}} (L_R \cdot F_R)$$

$$= \frac{L_{AB} + L_A}{L_{AB}} \cdot F_g - \frac{L_R}{L_{AB}} \cdot F_R \quad (5)$$

$$\text{aus (1): } F_{By} = F_g - F_{Ay} + F_R$$

$$\text{aus (5) in (1): } F_{By} = F_g - \frac{L_{AB} + L_A}{L_{AB}} \cdot F_g + \frac{L_R}{L_{AB}} \cdot F_R + F_R$$

$$= \left(1 - \frac{L_{AB} + L_A}{L_{AB}}\right) \cdot F_g + \left(1 + \frac{L_R}{L_{AB}}\right) \cdot F_R$$

einsetzen:

$$F_{Ay} = \frac{420 \text{ mm} + 180 \text{ mm}}{420 \text{ mm}} \cdot 530 \text{ N} - \frac{90 \text{ mm}}{420 \text{ mm}} \cdot 440 \text{ N}$$

$$\approx \underline{\underline{662,86 \text{ N}}}$$

$$F_{Bx} = \underline{\underline{-420 \text{ N}}}$$

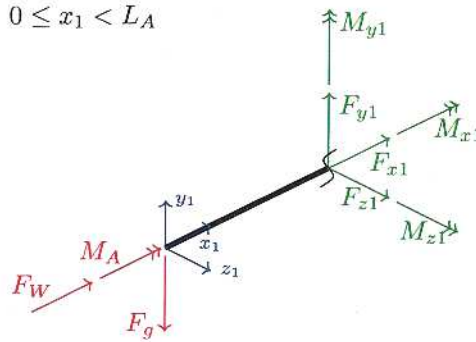
$$F_{By} = \left(1 - \frac{420 \text{ mm} + 180 \text{ mm}}{420 \text{ mm}}\right) \cdot 530 \text{ N} + \left(1 + \frac{90 \text{ mm}}{420 \text{ mm}}\right) \cdot 440 \text{ N}$$

$$\approx \underline{\underline{307,14 \text{ N}}}$$

1.3 Berechnung der Schnittlasten

1.3.1 Bereich I

$$0 \leq x_1 < L_A$$



$$\sum F_x \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = F_w + F_{x1}$$

$$\Leftrightarrow F_{x1} = -F_w$$

$$F_{x1}(x_1) = -420 \text{ N}$$

$$\sum F_y \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = -F_g + F_{y1}$$

$$\Leftrightarrow F_{y1} = F_g$$

$$F_{y1}(x_1) = 530 \text{ N}$$

$$\sum F_z \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = F_{z1}$$

$$F_{z1}(x_1) = 0 \text{ N}$$

$$\sum M_x^{(x_1)} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = M_w + M_{x1}$$

$$\Leftrightarrow M_{x1} = -M_w$$

$$M_{x1}(x_1) = -25 \text{ Nm}$$

$$\sum M_y^{(x_1)} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = M_{y1}$$

$$M_{y1}(x_1) = 0 \text{ N}$$

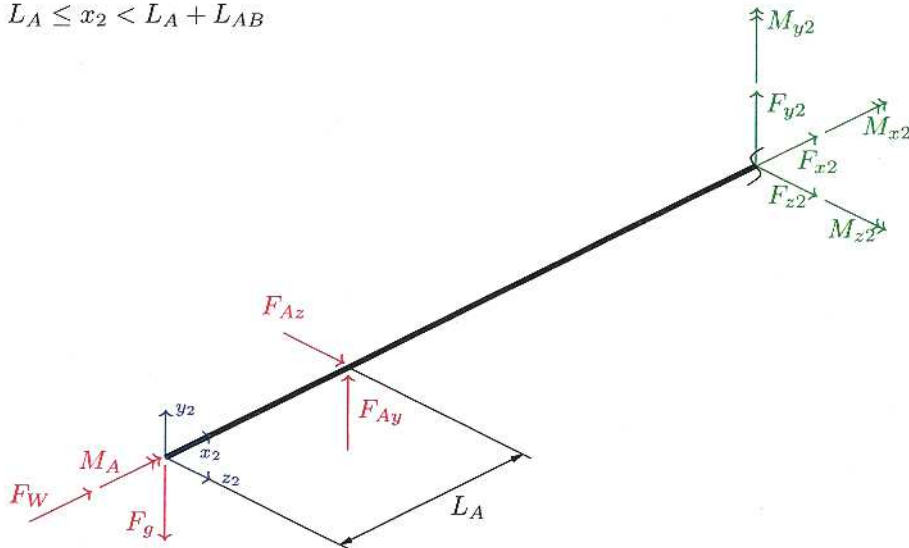
$$\sum M_z^{(x_1)} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = x_1 \cdot F_g + M_{z1}$$

$$\Leftrightarrow M_{z1} = -x_1 \cdot F_g$$

$$M_{z1}(x_1) = -530 \text{ N} \cdot x_1$$

1.3.2 Bereich II

$$L_A \leq x_2 < L_A + L_{AB}$$



$$\sum F_x \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = F_w + F_{x2}$$

$$\Leftrightarrow F_{x2} = -F_w$$

$$F_{x2}(x_2) = -420 \text{ N}$$

$$\sum F_y \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = -F_g + F_{Ay} + F_{y2}$$

$$\Leftrightarrow F_{y2} = F_g - F_{Ay}$$

$$F_{y2}(x_2) = 530 \text{ N} - 662,86 \text{ N}$$

$$= -132,86 \text{ N}$$

$$\sum F_z \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = F_{z2}$$

$$F_{z2}(x_1) = 0 \text{ N}$$

$$\sum M_x^{(x_2)} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = M_A + M_{x2}$$

$$\Leftrightarrow M_{x2} = -M_A$$

$$M_{x2}(x_2) = -25 \text{ Nm}$$

$$\sum M_y^{(x_2)} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = M_{y2}$$

$$M_{y2}(x_2) = 0 \text{ N}$$

$$\sum M_z^{(x_2)} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow 0 = (L_A + x_2) \cdot F_g - x_2 \cdot F_{Ay} + M_{z2}$$

$$\Leftrightarrow M_{z1} = -(L_A + x_2) \cdot F_g + x_2 \cdot F_{Ay}$$

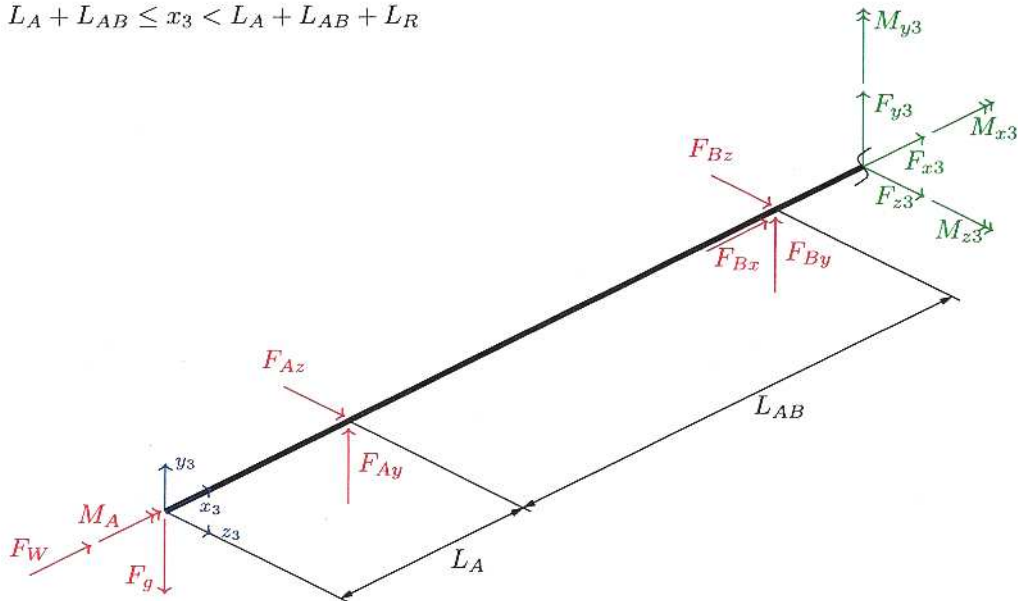
$$\Leftrightarrow M_{z1} = (F_{Ay} - F_g) \cdot x_2 - L_A \cdot F_g$$

$$M_{z1}(x_2) = (662,86 \text{ N} - 530 \text{ N}) \cdot x_2 - 180 \text{ mm} \cdot 530 \text{ N}$$

$$= 132,86 \text{ N} \cdot x_2 - 95,4 \text{ Nm}$$

1.3.3 Bereich III

$$L_A + L_{AB} \leq x_3 < L_A + L_{AB} + L_R$$



$$\begin{aligned} \sum F_x \stackrel{!}{=} 0 &\Rightarrow 0 = F_w + F_{Bx} + F_{x3} \\ &\Leftrightarrow F_{x3} = -F_w - F_{Bx} \\ F_{x3}(x_3) &= -420 \text{ N} - (-420 \text{ N}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y \stackrel{!}{=} 0 &\Rightarrow 0 = -F_g + F_{Ay} + F_{By} + F_{y3} \\ &\Leftrightarrow F_{y3} = F_g - F_{Ay} - F_{By} \\ F_{y3}(x_3) &= 530 \text{ N} - 662,86 \text{ N} - 307,14 \text{ N} \\ &= -440 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_z \stackrel{!}{=} 0 &\Rightarrow 0 = F_{z3} \\ F_{z3}(x_3) &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_x^{(x_3)} \stackrel{!}{=} 0 &\Rightarrow 0 = M_A + M_{x3} \\ &\Leftrightarrow M_{x3} = -M_A \\ M_{x3}(x_3) &= -25 \text{ N} \end{aligned}$$

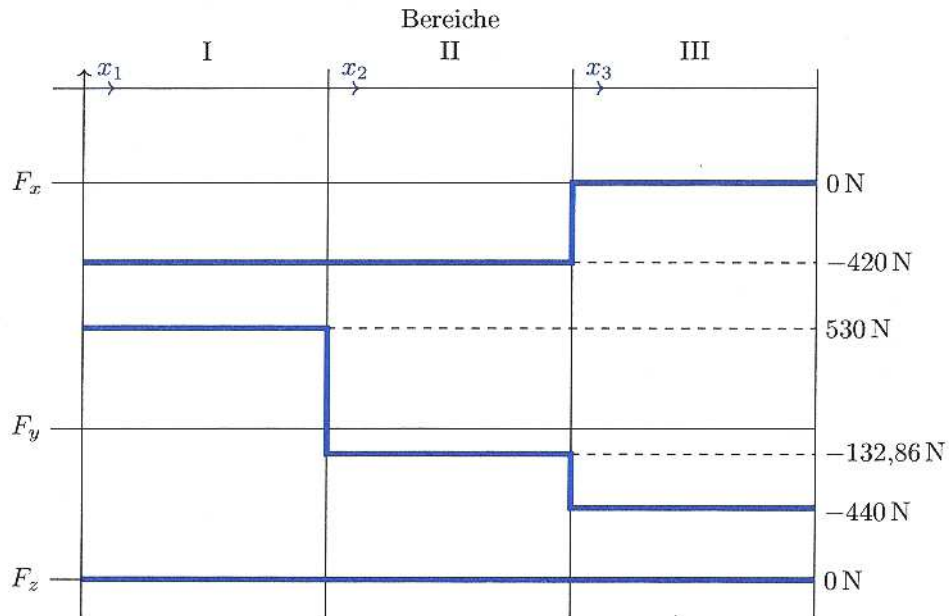
$$\begin{aligned} \sum M_y^{(x_3)} \stackrel{!}{=} 0 &\Rightarrow 0 = M_{y3} \\ M_{y3}(x_3) &= 0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_z^{(x_3)} \stackrel{!}{=} 0 &\Rightarrow 0 = (L_A + L_{AB} + x_3) \cdot F_g - (L_{AB} + x_3) \cdot F_{Ay} + M_{z3} \\ &\Leftrightarrow M_{z1} = -(L_A + L_{AB} + x_3) \cdot F_g + (L_{AB} + x_3) \cdot F_{Ay} + x_3 \cdot F_{By} \\ &\Leftrightarrow M_{z1} = (F_{Ay} + F_{By} - F_g) \cdot x_3 - (L_A + L_{AB}) \cdot F_g + L_{AB} \cdot F_{Ay} \\ M_{z1}(x_3) &= (662,86 \text{ N} + 307,14 \text{ N} - 530 \text{ N}) \cdot x_3 - (180 \text{ mm} + 420 \text{ mm}) \cdot 530 \text{ N} \\ &\quad + 420 \text{ mm} \cdot 662,86 \text{ N} \\ &\approx 440 \text{ N} \cdot x_3 - 39,6 \text{ Nm} \end{aligned}$$

1.4 Darstellung der Schnittlasten

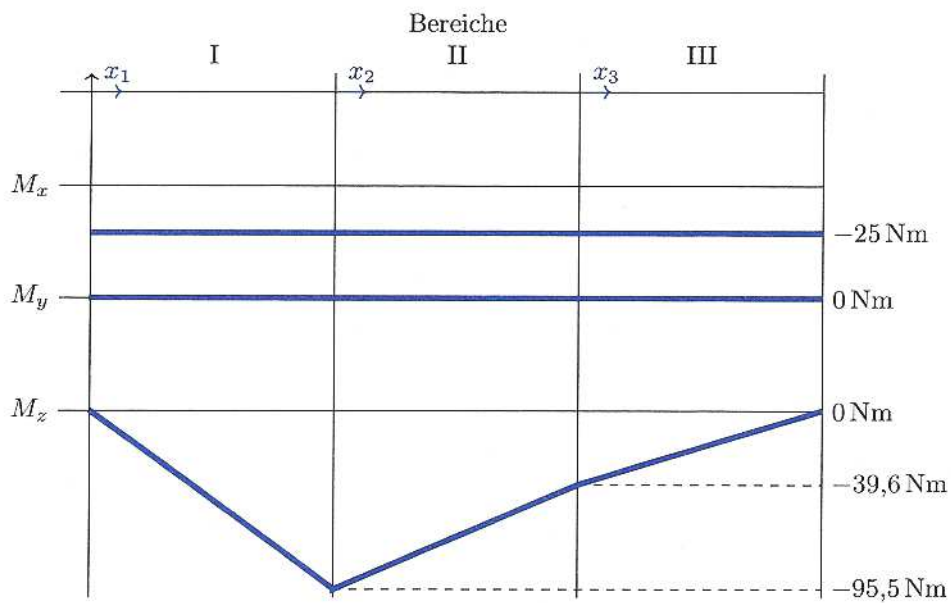
1.4.1 Schnittkräfte

$F_{x1}(x_1) = -420 \text{ N}$	$F_{x1}(x_2) = -420 \text{ N}$	$F_{x1}(x_3) = 0$
$F_{y1}(x_1) = 530 \text{ N}$	$F_{y2}(x_2) = -132,86 \text{ N}$	$F_{y3}(x_3) = -420 \text{ N}$
$F_{z1}(x_1) = 0 \text{ N}$	$F_{z2}(x_2) = 0 \text{ N}$	$F_{z3}(x_3) = 0 \text{ N}$



1.4.2 Schnittmomente

$M_{x1}(x_1) = -25 \text{ Nm}$	$M_{x2}(x_2) = -25 \text{ Nm}$	$M_{x3}(x_3) = -25 \text{ Nm}$
$M_{y1}(x_1) = 0 \text{ Nm}$	$M_{y2}(x_2) = 0 \text{ Nm}$	$M_{y3}(x_3) = 0 \text{ Nm}$
$M_{z1}(x_1) = -530 \text{ N} \cdot x_1$	$M_{z2}(x_2) = 132,86 \text{ N} \cdot x_2 - 95,4 \text{ Nm}$	$M_{z3}(x_3) \approx 440 \text{ N} \cdot x_3 - 39,6 \text{ Nm}$



2 Aufg. 2 Spannungen und Festigkeitsnachweis

2.1 Aufg. 2a Spannungen

$$W_{b,\circ} = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \quad (6) \quad \text{Biegespannung :} \quad \sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (9)$$

$$W_{\tau,\circ} = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \quad (7) \quad \text{Zug - /Druckspannung :} \quad \sigma_{z/d} = \frac{F_x}{A} \quad (10)$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (8) \quad \text{Torsionsspannung :} \quad \tau_t = \frac{M_\tau}{W_\tau} \quad (11)$$

2.1.1 Stelle 1

$$D = 37,5 \text{ mm}$$

$$M_{by}(x) = \frac{320 \text{ Nm}}{33 \text{ mm}} \cdot x \quad , \quad x \in [0 \text{ mm}, 33 \text{ mm}]$$

$$M_b = M_{by}(18 \text{ mm}) = \frac{320 \text{ mm}}{33 \text{ mm}} \cdot 18 \text{ mm} \approx 174,54 \text{ Nm} \quad \checkmark$$

$$M_\tau(x) = 0 \text{ Nm} \quad , \quad x \in [0 \text{ mm}, 33 \text{ mm}]$$

$$M_\tau = M_\tau(18 \text{ mm}) = 0 \text{ Nm}$$

$$F_x = 0 \text{ N}$$

$$W_{b,\circ} = \frac{\pi \cdot (37,5 \text{ mm})^3}{32} \approx 5177,19 \text{ mm}^3 \quad \checkmark$$

$$W_{\tau,\circ} = \frac{\pi \cdot (37,5 \text{ mm})^3}{16} \approx 10354,37 \text{ mm}^3 \quad \checkmark$$

$$A = \pi \cdot \frac{(37,5 \text{ mm})^2}{4} \approx 1104,47 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_b = \frac{174,55 \text{ Nm}}{5177,19 \text{ mm}^3} \approx \underline{\underline{33,72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \quad \checkmark$$

$$\sigma_{z/d} = \frac{0 \text{ N}}{1104,47 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \quad \checkmark$$

$$\tau_t = \frac{0 \text{ Nm}}{10354,37 \text{ mm}^3} = \underline{\underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} \quad \checkmark$$

2.1.2 Stelle 2

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$M_{by}(x) = 320 \text{ Nm} - \frac{320 \text{ Nm}}{44,5 \text{ mm}} \cdot x \quad , \quad x \in [33 \text{ mm}, 77,5 \text{ mm}]$$

$$M_b = M_{by}((48 - 33) \text{ mm}) = 320 \text{ Nm} - \frac{320 \text{ Nm}}{44,5 \text{ mm}} \cdot 15 \text{ mm} \approx 212,13 \text{ Nm} \quad \checkmark$$

$$M_\tau(x) = 145 \text{ Nm} \quad ; \quad x \in [33 \text{ mm}, 77,5 \text{ mm}]$$

$$M_\tau = M_\tau((48 - 33) \text{ mm}) = 145 \text{ Nm} \quad \checkmark$$

$$F_x = 0 \text{ N}$$

$$W_{b,\circ} = \frac{\pi \cdot (40 \text{ mm})^3}{32} \approx 6283,19 \text{ mm}^3 \quad \checkmark$$

$$W_{\tau,\circ} = \frac{\pi \cdot (40 \text{ mm})^3}{16} \approx 12566,371 \text{ mm}^3 \quad \checkmark$$

$$A = \pi \cdot \frac{(40 \text{ mm})^2}{4} \approx 1256,64 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_b = \frac{212,13 \text{ Nm}}{6283,19 \text{ mm}^3} \approx \underline{\underline{33,76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$\sigma_{z/d} = \frac{0 \text{ N}}{1256,64 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$\tau_t = \frac{145 \text{ Nm}}{12566,371 \text{ mm}^3} = \underline{\underline{11,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

2.1.3 Stelle 3

$$D = 30 \text{ mm}$$

$$M_{by}(x) = 0 \quad , \quad x \in [77,5 \text{ mm}, 130 \text{ mm}]$$

$$M_b = M_{by}((106 - 77,5) \text{ mm}) = 0 \text{ Nm}$$

$$M_\tau(x) = 145 \text{ Nm} \quad , \quad x \in [77,5 \text{ mm}, 130 \text{ mm}]$$

$$M_\tau = M_\tau((106 - 77,5) \text{ mm}) = 145 \text{ Nm}$$

$$F_x = 0 \text{ N}$$

$$W_{b,\circ} = \frac{\pi \cdot (30 \text{ mm})^3}{32} \approx 2650,72 \text{ mm}^3$$

$$W_{\tau,\circ} = \frac{\pi \cdot (30 \text{ mm})^2}{16} \approx 5301,44 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi \cdot \frac{(40 \text{ mm})^2}{4} \approx 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{0 \text{ Nm}}{2650,72 \text{ mm}^3} \approx \underline{\underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$\sigma_{z/d} = \frac{0 \text{ N}}{1256,64 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$\tau_t = \frac{145 \text{ Nm}}{5301,44 \text{ mm}^3} \approx \underline{\underline{27,35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

2.1.4 Vergleich

Die Biegespannung σ_b ist an den Stellen 1 und 2 am größten, doch die Torsionsspannung τ_t ist an der Stelle 3 am größten und in Stelle 1 null.

Folglich werden Nennspannung der Bereiche 2 und 3 verglichen.

2.2 Aufg. 2b Festigkeitsnachweis

$$\begin{aligned} \text{Nennspannung :} & \quad \sigma_v = \sqrt{(|\sigma_z/d| + |\sigma_b|)^2 + 3 \cdot \tau_t^2} & (12) \\ \text{zulässige Spannung :} & \quad \sigma_{zul} \\ \text{Sicherheit :} & \quad S = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_v} & (13) \end{aligned}$$

Es wird nun die Stelle 2 mit 3 verglichen:

$$\begin{aligned} \sigma_{v2} &= \sqrt{\left(0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + \left|33,76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right|\right)^2 + 3 \cdot \left(11,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2} \\ &\approx 39,23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \sigma_{v3} &= \sqrt{\left(0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + \left|0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right|\right)^2 + 3 \cdot \left(27,35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2} \\ &\approx 47,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ &\rightarrow \sigma_{v3} > \sigma_{v2} \end{aligned}$$

Somit ist an Position 3 die kritische Stelle.

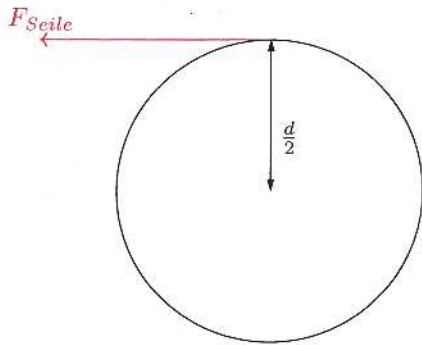
$$\begin{aligned} \sigma_{zul}(\varnothing = 45\text{mm}) &= 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} [1] \\ S &= \frac{275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{47,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \approx 5,81 > 1,5 = S_{\text{gefordert}} \end{aligned}$$

Da die Sicherheit S größer als die geforderte Sicherheit von 1,5 ist, ist die Welle sicher gegen plastisches Fließen und mit $S \approx 5,81$ sogar deutlich überdimensioniert.

^[1][DIN10025, Tabelle 8]

3 Aufg. 3 Wellen-Dimensionierung und Welle-Nabe-Verbindungen

3.1 Aufg. 3a Überschlägiger Mindestdurchmesser bzgl. Torsion

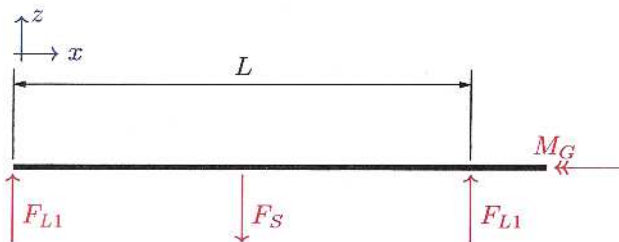


$$D_{min} = \sqrt[3]{\frac{M_T \cdot 16}{\tau_{zul} \cdot \pi}} \quad (14)$$

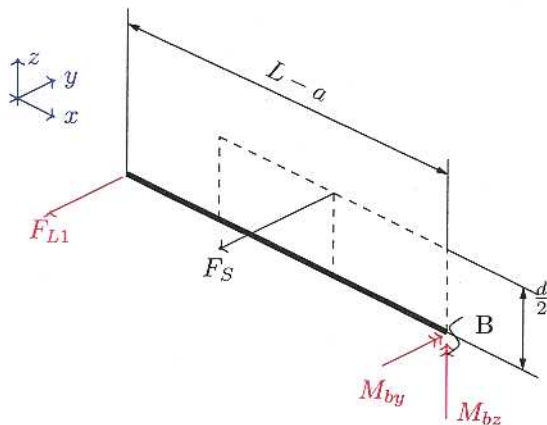
$$\begin{aligned} M_{T,Rolle} &= F_{Seile} \cdot \frac{d}{2} \\ &= 10\,000 \text{ N} \cdot \frac{125 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2} \\ &= 625 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{min} &= \sqrt[3]{\frac{625 \text{ Nm} \cdot 16}{45 \frac{\text{N}}{10^{-6} \cdot \text{m}^2} \cdot \pi}} \\ &\approx 41,35 \text{ mm} \Rightarrow \underline{\underline{42 \text{ mm}}} \end{aligned}$$

3.2 Aufg. 3b Überschlägiger Mindestdurchmesser bzgl. Biegung

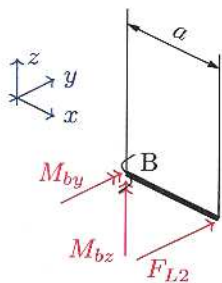


$$\begin{aligned} \sum F_y \stackrel{!}{=} 0 &= -F_S + F_{L1} + F_{L2} \\ \Leftrightarrow F_{L1} &= F_S - F_{L2} \end{aligned} \quad (15)$$



$$\begin{aligned} \sum M_z^{(B)} \stackrel{!}{=} 0 &= M_{bz} - (L-a) \cdot F_{L1} + \left(\frac{L}{2} - a\right) \cdot F_S \\ \Leftrightarrow M_{bz} &= (L-a) \cdot F_{L1} - \left(\frac{L}{2} - a\right) \cdot F_S \end{aligned} \quad (16)$$

$$\sum M_y^{(B)} \stackrel{!}{=} 0 = M_{by}$$



$$\begin{aligned} \sum M_z^{(B)} \stackrel{!}{=} 0 &= M_{bz} + a \cdot F_{L2} \\ \Leftrightarrow F_{L2} &= -\frac{M_{bz}}{a} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\sum M_y^{(B)} \stackrel{!}{=} 0 = M_{by}$$

$$\begin{aligned}
(17) \text{ in } (15): F_{L1} &= F_S - \frac{M_{bz}}{a} \\
\text{in } (16): M_{bz} &= (L - a) \cdot \left(F_S - \frac{M_{bz}}{a} \right) - \left(\frac{L}{2} - a \right) \cdot F_S \\
&\Leftrightarrow M_{bz} = \left(1 - \frac{L}{a} \right) \cdot M_{bz} + \left(2a - \frac{3}{2}L \right) \cdot F_S \\
&\Leftrightarrow \frac{L}{a} \cdot M_{bz} = \left(2a - \frac{3}{2}L \right) \cdot F_S \\
&\Leftrightarrow M_{bz} = \left(\frac{2a^2}{L} - \frac{3}{2}a \right) \cdot F_S \\
&= \left(\frac{2 \cdot (50 \text{ mm})^2}{270 \text{ mm}} - \frac{3}{2} \cdot 50 \text{ mm} \right) \cdot 10\,000 \text{ N} \\
&= -1231,48 \text{ Nm} \\
D_{min} &= \sqrt[3]{\frac{M_b \cdot 32}{\tau_{zul} \cdot \pi}} \\
D_{min} &= \sqrt[3]{\frac{1231,48 \cdot 10^3 \text{ Nmm} \cdot 32}{65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi}} \\
&\approx 57,79 \text{ mm} \Rightarrow \underline{58 \text{ mm}} \quad (\checkmark) \text{ ff.}
\end{aligned}$$

$\sigma_{\max} = \frac{F_S}{2} \cdot a_S$
 $\approx 250 \text{ MPa}$
 (-2)
 $(\checkmark) \text{ ff.}$

Der berechnete Mindestdurchmesser bei Biegung ist größer als bei der bei Torsion. Somit muss der Durchmesser bzgl. der Biegung von 58 mm als Mindestmaß an Stelle B angenommen werden. Die Torsionsbelastung wirkt jedoch in dem gesamten Teil der Welle vom Zugpunkt des Seils bis hin zur Getriebekupplung. So ergibt sich der Mindestdurchmesser von 42 mm für den Wellenabsatz im Folgenden.

3.3 Aufg. 3c Berechnung einer Passfeder

$d_{Welle} = 50 \text{ mm}$ $\Rightarrow [2] b = 14 \text{ mm}$ $h = 9 \text{ mm}$ $t_1 = 5,5 \text{ mm}$ $l = [35,6 \text{ mm}, 158 \text{ mm}]$	Baustahl E295 $\Rightarrow p_0^{[3]} = 150 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ starke einseitige Stöße $\Rightarrow p_{zul}^{[3]} = 0,6 \cdot p_0 = 90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $l_{Nabe} = 50 \text{ mm}$ $S = 1,2$
---	--

$$d_{Welle} - t_1 \stackrel{!}{\geq} d_{min}$$

$$50 \text{ mm} - 5,5 \text{ mm} = 44,5 \text{ mm} \geq 42 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
l_{tr,min} &= \frac{2 \cdot M_T \cdot S}{d_{Welle} \cdot (h - t_1) \cdot p_{zul}} \\
&= \frac{2 \cdot 625 \text{ Nm} \cdot 1,2}{50 \text{ mm} \cdot (9 \text{ mm} - 5,5 \text{ mm}) \cdot 90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\
&\approx 95,24 \text{ mm} \Rightarrow 96 \text{ mm} > l_{Nabe}
\end{aligned}$$

Der erreichte Durchmesser, ist zwar größer als der minimal Durchmesser bzgl. der wirkenden Kräfte, jedoch ist die Länge der Nabe zu klein für die aufgewendete Kraft. Die Verdillbedingung $\frac{l_{tr}}{d} < 1,3$ wird also nicht betrachtet. Die Passfeder sollte ohnehin kleiner sein als die Nabe.

^[2][DIN6885]

^[3][DECKER, Tabelle 12.1]

Berechne also nun die Länge für zwei Passfedern:

$$d_{Welle} - 2 \cdot t_1 \stackrel{!}{\geq} d_{min}$$

$$50 \text{ mm} - 2 \cdot 5,5 \text{ mm} = 39 \text{ mm} < 42 \text{ mm}$$

$$l_{tr,min} = \frac{2 \cdot M_T \cdot S}{d_{Welle} \cdot (h - t_1) \cdot p_{zul} \cdot i \cdot z}$$

$$= \frac{2 \cdot 625 \text{ Nm} \cdot 1,2}{50 \text{ mm} \cdot (9 \text{ mm} - 5,5 \text{ mm}) \cdot 90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2 \cdot 0,75}$$

$$\approx 63,49 \text{ mm} \Rightarrow 64 \text{ mm} > l_{Nabe}$$

Der minimale Durchmesser wird unterschritten und die minimalen tragenden Länge der Feder ist größer als der Absatz. Die Verdrillbedingung wird auch hier nicht betrachtet. Folglich lässt sich keine Passfeder finden, die auf den Wellenabsatz passt.

3.4 Aufg. 3d Berechnung einer passenden Keilwelle

$$\text{DIN ISO 14} - 8 \times 46 \times 50 \Rightarrow k = 8, \quad D = 50 \text{ mm}, \quad d = 46 \text{ mm}$$

$$d \stackrel{!}{\geq} d_{min} \Rightarrow 46 \text{ mm} > 42 \text{ mm}$$

$$l_{tr,min} = \frac{2 \cdot M_T \cdot S}{d_M \cdot h_{tr} \cdot p_{zul} \cdot k \cdot z}$$

$$h_{tr} = \frac{1}{2}(D - d) = \frac{1}{2}(50 - 46) \text{ mm} = 2 \text{ mm}$$

$$d_M = \frac{D + d}{2} = \frac{50 + 46}{2} \text{ mm} = 48 \text{ mm}$$

$$p_{zul} = 0,6 \cdot p_0 = 90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Innenzentrierung} \Rightarrow k = 8$$

$$z = 0,75$$

$$l_{tr,min} = \frac{2 \cdot 625 \text{ Nm} \cdot 1,2}{48 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm} \cdot 90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 8 \cdot 0,75}$$

$$\approx 28,94 \text{ mm} \Rightarrow \underline{29 \text{ mm}} < l_{Absatz}$$

$$\text{Verdrillbedingung: } \frac{l_{tr}}{d_M} = \frac{29 \text{ mm}}{48 \text{ mm}} = 0,625 \leq 1,3$$

Somit kann für die Verbindung eine Keilwelle nach DIN ISO 14 der Größe $8 \times 46 \times 50$ mit einer minimal tragenden Länge von 29 mm benutzt werden.

4 Aufg. 4 Lagerlasten und Lagerlebensdauer

4.1 Aufg. 4a Berechnung der Lagerlebensdauer

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P}\right)^p \quad (18)$$

$$P = X \cdot F_{rad} + Y \cdot F_{ax} \quad (19)$$

$$\text{Rillenkugellager} \Rightarrow p = \frac{9}{3} = 3$$

4.1.1 Loslager Rillenkugellager FAG 6011

[FAG60]:

$$D = 90 \text{ mm}$$

$$F_{A,ax} = F_{Ax} = 0 \text{ N}$$

$$d = 55 \text{ mm}$$

$$F_{A,rad} = F_{Ay} = 700 \text{ N}$$

$$C_{0r} = 21\,200 \text{ N}$$

$$C_r = 30\,000 \text{ N}$$

Belastungsverhältnis: [FAGK]

$$F_{A,ax} = 0 \Rightarrow \frac{f_0 \cdot F_{A,ax}}{C_{0r}} = 0$$

$$\Rightarrow X = 1 \quad Y = 0$$

$$\frac{F_{A,ax}}{F_{A,rad}} = \frac{0 \text{ N}}{700 \text{ N}} = 0$$

$$\Rightarrow P = F_{A,rad} = 700 \text{ N}$$

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P}\right)^p = \left(\frac{30\,000 \text{ N}}{700 \text{ N}}\right)^3 \approx \underline{\underline{78\,717,201 \cdot 10^6}}$$

Das Rillenkugellager FAG 6011 ist somit für $78,72 \cdot 10^9$ Umdrehungen ausgelegt.

4.1.2 Festlager Rillenkugellager FAG 6207

[FAG62]:

$$D = 72 \text{ mm}$$

$$F_{B,ax} = F_{Bx} = 500 \text{ N}$$

$$d = 35 \text{ mm}$$

$$F_{B,rad} = F_{By} = 400 \text{ N}$$

$$C_{0r} = 15\,300 \text{ N}$$

$$C_r = 27\,500 \text{ N}$$

Belastungsverhältnis: [FAGK]

$$f_0 = 13,8$$

$$\frac{f_0 \cdot F_{B,ax}}{C_{0r}} = \frac{13,8 \cdot 500 \text{ N}}{15\,300 \text{ N}} = 0,45 \Rightarrow 0,3$$

$$\Rightarrow e = 0,22 \quad X = 0,56 \quad Y = 2$$

$$\frac{F_{B,ax}}{F_{B,rad}} = \frac{500 \text{ N}}{400 \text{ N}} = 1,25 > 0,22 = e$$

$$\Rightarrow P = 0,56 \cdot 400 \text{ N} + 2 \cdot 500 \text{ N} = 1224 \text{ N}$$

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P}\right)^p = \left(\frac{27\,500 \text{ N}}{1224 \text{ N}}\right)^3 \approx \underline{\underline{11\,341,07 \cdot 10^6}}$$

Das Rillenkugellager FAG 6207 ist somit für $11,34 \cdot 10^9$ Umdrehungen ausgelegt.

4.2 Aufg.4b Berechnung der erweiterten, modifizierten Lebensdauer

$$\begin{aligned} \text{Zuverlässigkeit } 99,9\% &\Rightarrow {}^{[4]}a_1 = 0,093 \\ a_{ISO} &= 2,1 \\ n_m &= 330 \text{ min}^{-1} \\ L_{nm} &= a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\text{Anz. Jahre: } A_{\text{Jahre}} = \frac{L_{nm}}{U_{\text{Jahr}}} \quad (21)$$

$$\text{Umdrehungen pro Jahr: } U_{\text{Jahr}} = n_m \cdot 60 \cdot 24 \cdot (365 - 8) \approx 169,65 \cdot 10^6$$

4.2.1 Loslager Rillenkugellager FAG 6011

$$\begin{aligned} L_{nm} &= 0,093 \cdot 2,1 \cdot 78\,717,201 \cdot 10^6 \\ &\approx 15\,373,47 \cdot 10^6 \\ \frac{L_{nm} \cdot 10^6}{U_{\text{Jahr}}} &= \frac{15\,373,47 \cdot 10^6}{169,65 \cdot 10^6} \approx 90,62 \text{ [Jahre]} \end{aligned}$$

4.2.2 Festlager Rillenkugellager FAG 6207

$$\begin{aligned} L_{nm} &= 0,093 \cdot 2,1 \cdot 11\,341,07 \cdot 10^6 \\ &\approx 2214,91 \cdot 10^6 \\ \frac{L_{nm} \cdot 10^6}{U_{\text{Jahr}}} &= \frac{2214,91 \cdot 10^6}{169,65 \cdot 10^6} \approx 13,06 \text{ [Jahre]} \end{aligned}$$

Die Lebensdauer der beiden Lager geht sehr weit auseinander. Je nach Erwartung müsste eines oder beiden Lager einer gewünschten Lebensdauer angepasst werden.

4.3 Aufg. 4c Auswahl eines alternativen Loslagers

4.3.1 Ersatz für FAG 6011

aus den Gleichungen (18), (20) und (21) ergibt sich für das Festlager:

$$C_r = P \cdot \sqrt[3]{\frac{A_{\text{Jahre}} \cdot U_{\text{Jahr}}}{a_1 \cdot a_{ISO} \cdot 10^6}}$$

Gesucht wird ein Lager mit

$$d = 55 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_r &= 700 \text{ N} \cdot \sqrt[3]{\frac{25 \cdot 169,65}{0,093 \cdot 2,1}} \\ &\approx 19\,529,69 \text{ N} \end{aligned}$$

Aus der Katalogsuche [FAGL] ergibt sich kein Rillenkugellager, welches den Anforderungen entspricht und einen kleineren Außendurchmesser hat.

Ein anderes Lager wäre das 6211[FAG621], welches jedoch einen Außendurchmesser von 100 mm hat.

4.3.2 Detaillierter Nachweis für FAG 6211

[FAG621]:

$$D = 100 \text{ mm}$$

$$d = 55 \text{ mm}$$

$$C_{0r} = 29\,999 \text{ N}$$

$$C_r = 46\,000 \text{ N}$$

$$F_{A,ax} = F_{Ax} = 0 \text{ N}$$

$$F_{A,rad} = F_{Ay} = 700 \text{ N}$$

→ FAG 16011 ← (-1)
 $d = 55 \text{ mm}$
 $D = 80 \text{ mm}$ $C_r = 20600 \text{ N}$

^[4][DIN281, Tabelle 12]

Belastungsverhältnis:[FAGK]

$$\begin{aligned}F_{A,ax} = 0 &\quad \Rightarrow \frac{f_0 \cdot F_{A,ax}}{C_{0r}} = 0 \\&\quad \Rightarrow X = 1 \quad Y = 0 \\ \frac{F_{A,ax}}{F_{A,rad}} &= \frac{0 \text{ N}}{700 \text{ N}} = 0 \\ \Rightarrow P &= F_{A,rad} = 700 \text{ N} \\ L_{10} &= \left(\frac{C_r}{P}\right)^p = \left(\frac{46\,000 \text{ N}}{700 \text{ N}}\right)^3 \approx \underline{\underline{283\,778,43 \cdot 10^6}}\end{aligned}$$

Erweiterte modifizierte Lebensdauer:

$$\begin{aligned}L_{nm} &= 0,093 \cdot 2,1 \cdot 283\,778,43 \cdot 10^6 \\ &\approx 55\,421,93 \cdot 10^6 \\ \frac{L_{nm} \cdot 10^6}{U_{Jahr}} &= \frac{55\,421,93 \cdot 10^6}{169,65 \cdot 10^6} \approx 326,68 \text{ [Jahre]}\end{aligned}$$

Wie zu erwarten hält das größere Lager sogar noch länger.

FAG bietet jedoch zwei mögliche Festlager an, welche bei dem gleichen Durchmesser (35 mm) wie das 6207 über 25 Jahre als Festlager hält: Das 6307 [FAG63] und das 62307. Beide Lager haben einen Außendurchmesser von 80 mm und eine erweiterte modifizierte Lebensdauer von 28,81 Jahren.

Literatur

- [DECKER] Decker, Karlheinz Kabus Karl-Heinz. *Decker Maschinenelemente*. 2011. ISBN: 3446426086.
- [DIN10025] DIN EN ISO 10025-2:2004-04 – *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 4: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*.
- [DIN281] DIN ISO 281:2010-10 – *Wälzlager - Dynamische Tragzahlen und nominelle Lebensdauer*.
- [DIN6885] DIN 6885-1:1968-08 – *Paßfedern Nuten: hohe Form*.
- [FAG60] 2015, Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Rillenkugellager 6011*. 24. Juni 2015. URL: http://medias.schaeffler.de/medias/de!hp.ec.br.pr/60*6011?clrsb=1.
- [FAG62] 2015, Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Rillenkugellager 6207*. 24. Juni 2015. URL: http://medias.schaeffler.de/medias/de!hp.ec.br.pr/62*6207?clrsb=1.
- [FAG621] 2015, Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Rillenkugellager 6211*. 24. Juni 2015. URL: http://medias.schaeffler.de/medias/hp.ec.br.pr/62*6211;bhFAaf5mqd58?clrsb=1.
- [FAG63] 2015, Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Deep groove ball bearings 6307*. 24. Juni 2015. URL: http://medias.schaeffler.de/medias/hp.ec.br.pr/63*6307.
- [FAGK] 2015, Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Konstruktions- und Sicherheitshinweise Rillenkugellager 60*. 24. Juni 2015. URL: http://medias.schaeffler.de/medias/de!hp.info/60*UK*kshinweise.
- [FAGL] 2015, Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Lagerauswahl*. 24. Juni 2015. URL: <http://medias.schaeffler.de/medias/la/start.do?property&lang=de&mediasS=bhFAaf5mqd58&mediasCall>.

Titel: Hausaufgabe 4 im SoSe 2015

Name:

Vorname:

Matr.-Nr.:

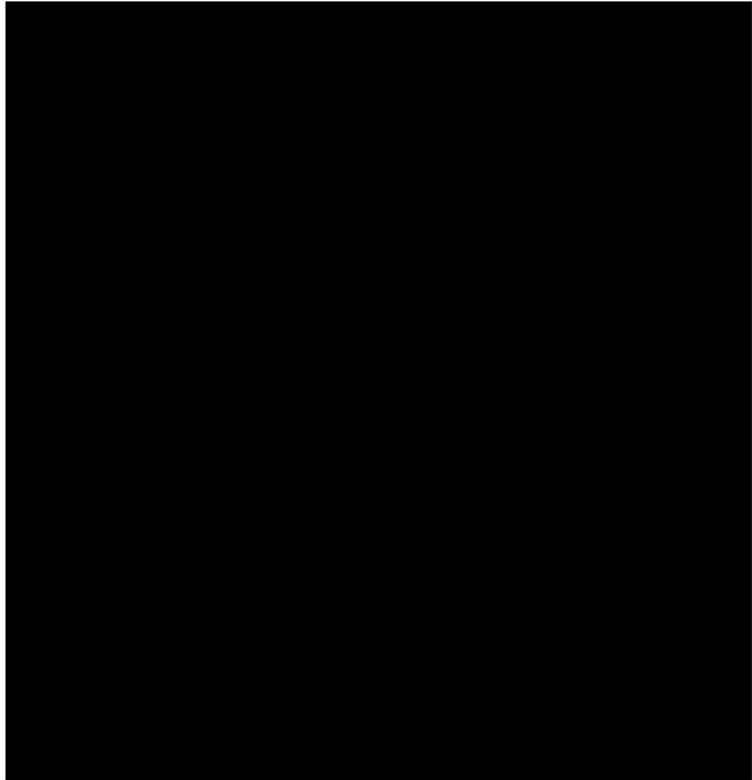
E-Mail-Adresse:

Studiengang:

Modus (Bsc./Dipl.):

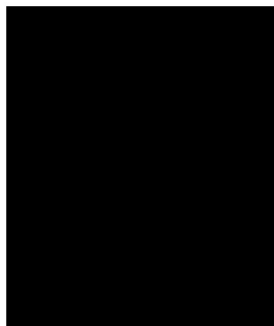
Tutor:

Übungstermin:



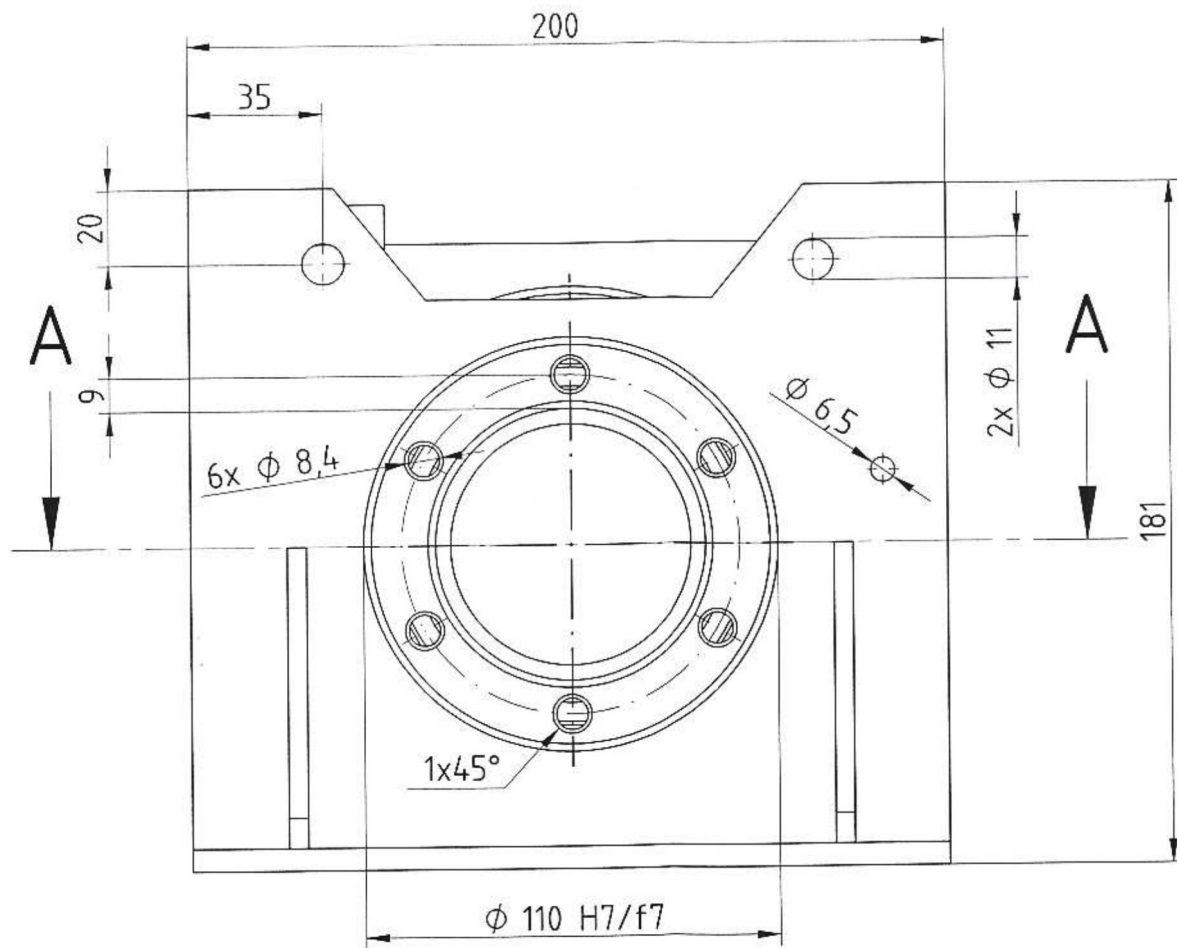
Aufgabe 1	30	/	31
Aufgabe 2	55	/	56
Form	3	/	3
Gesamt	88	/	90

Erreichte Notenpunkte: 88 / 90

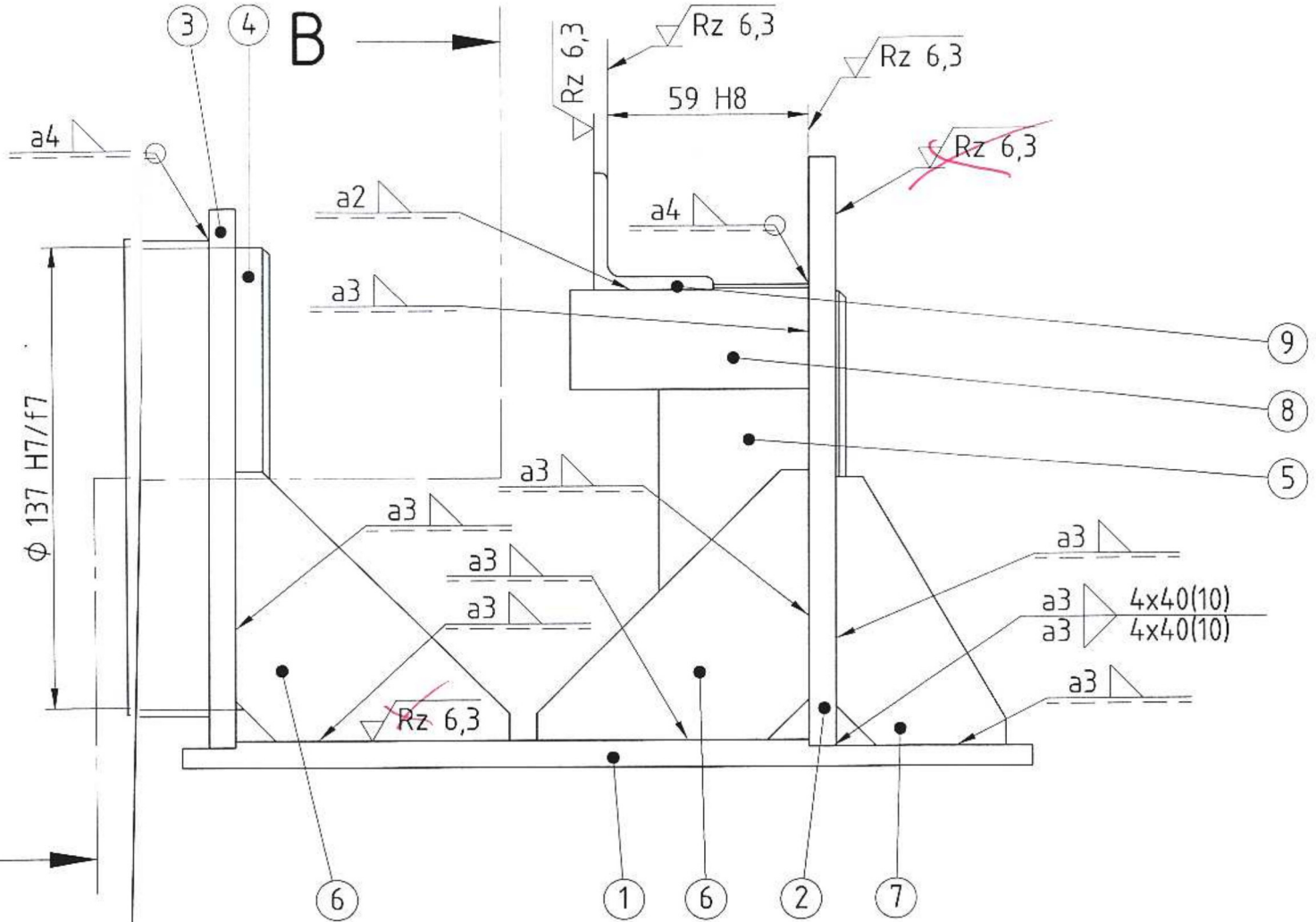


Inhaltsverzeichnis

1	Aufg. 1 Gestaltung des Gehäuses als Schweißkonstruktion	4
1.1	Fertigungszeichnung	4
1.1.1	Stückliste	4
1.1.2	Passungstabelle	4
2	Aufg. 2 Gestaltung des Gesamtsystems	6
2.1	Baugruppenzeichnung	6
2.1.1	Stückliste	7
2.1.2	Passungstabelle	8

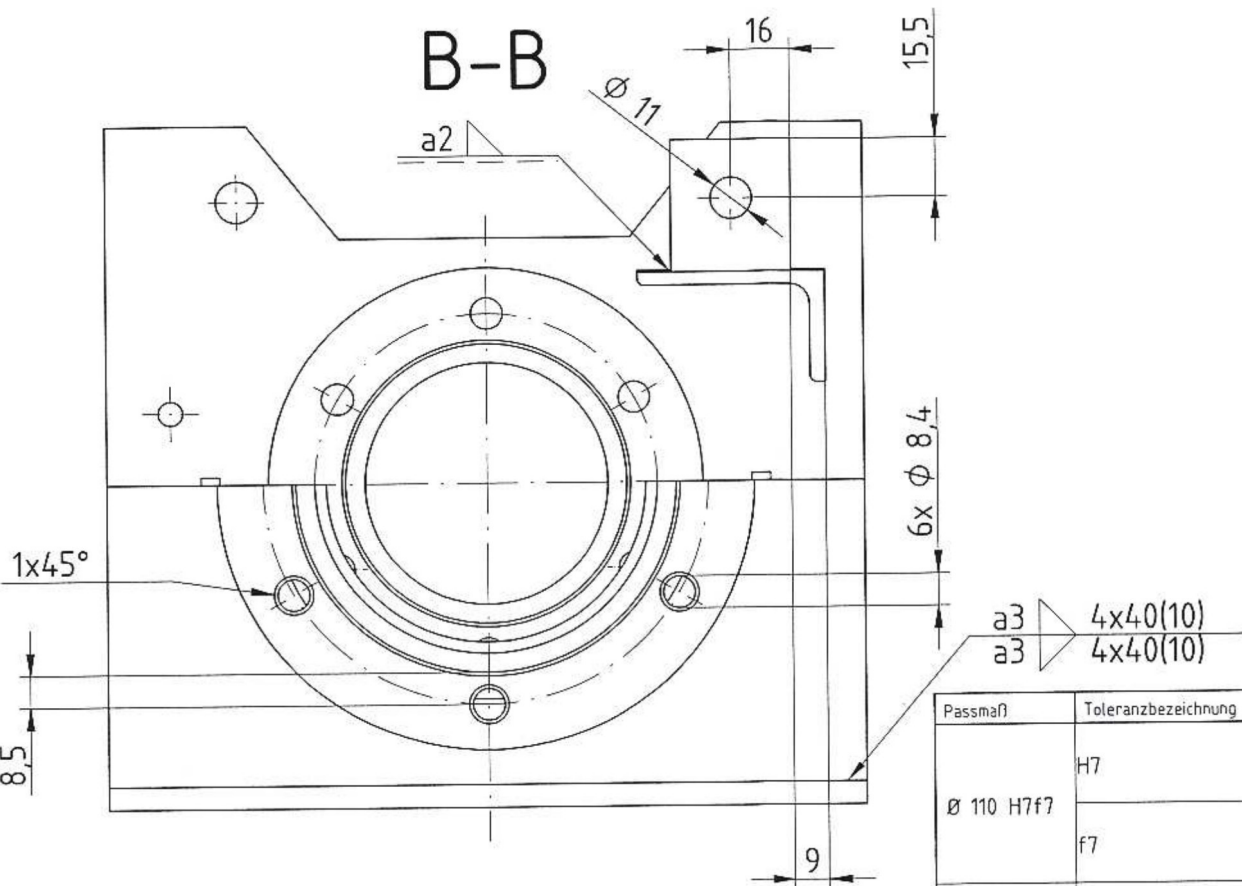


B



2-3 Ansichten ausreichend

√ Rz 1,6 √ Rz 6,3 (√ Rz 25)



Passmaß	Toleranzbezeichnung	Abmaße	Spiel / Übermaß
Ø 110 H7f7	H7	+0,035	min. Spiel: 0,036
	f7	-0,036	max. Spiel: 0,106
Ø 137 H7f7	H7	+0,040	min. Spiel: 0,043
	f7	-0,043	max. Spiel: 0,123
		-0,083	

Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
9	1	Stck	Winkel	35 x 35 x 4	l = 32
8	1	Stck	Winkel	50 x 30 x 5	l = 70
7	2	Stck	Rippe	80 x 50 x 5	
6	4	Stck	Rippe	80 x 60 x 5	
5	1	Stck	Lagerbuchse Riemen	Ø 108	
4	1	Stck	Lagerbuchse Rotor	Ø 133	
3	1	Stck	Seitenteil Rotor	200 x 160 x 8	
2	1	Stck	Seitenteil Riemen	200 x 175 x 8	
1	1	Stck	Grundplatte	260 x 200 x 8	

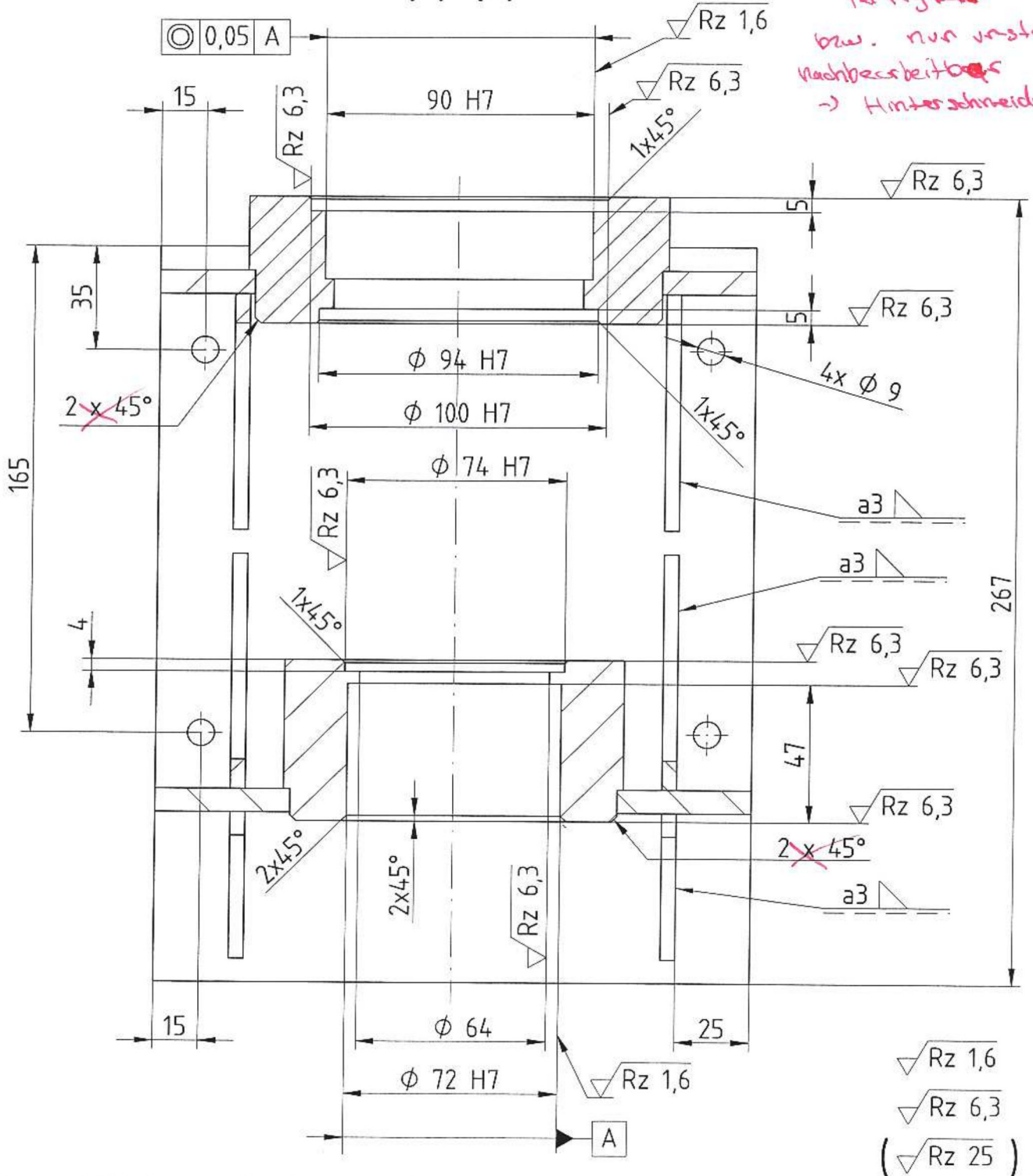
Maßstab 1:2	Gewicht	Allgemeintoleranz	Oberfläche
Werkstoff	Format A3	DIN ISO 2768-mK	DIN ISO 1302
Dokumentenart			
Fertigungszeichnung			
Titel, zusätzlicher Titel			
Gehäuse Windkraftanlage			



A-A

Legersitze nicht
in einer Aufgenümmung
fertigbar

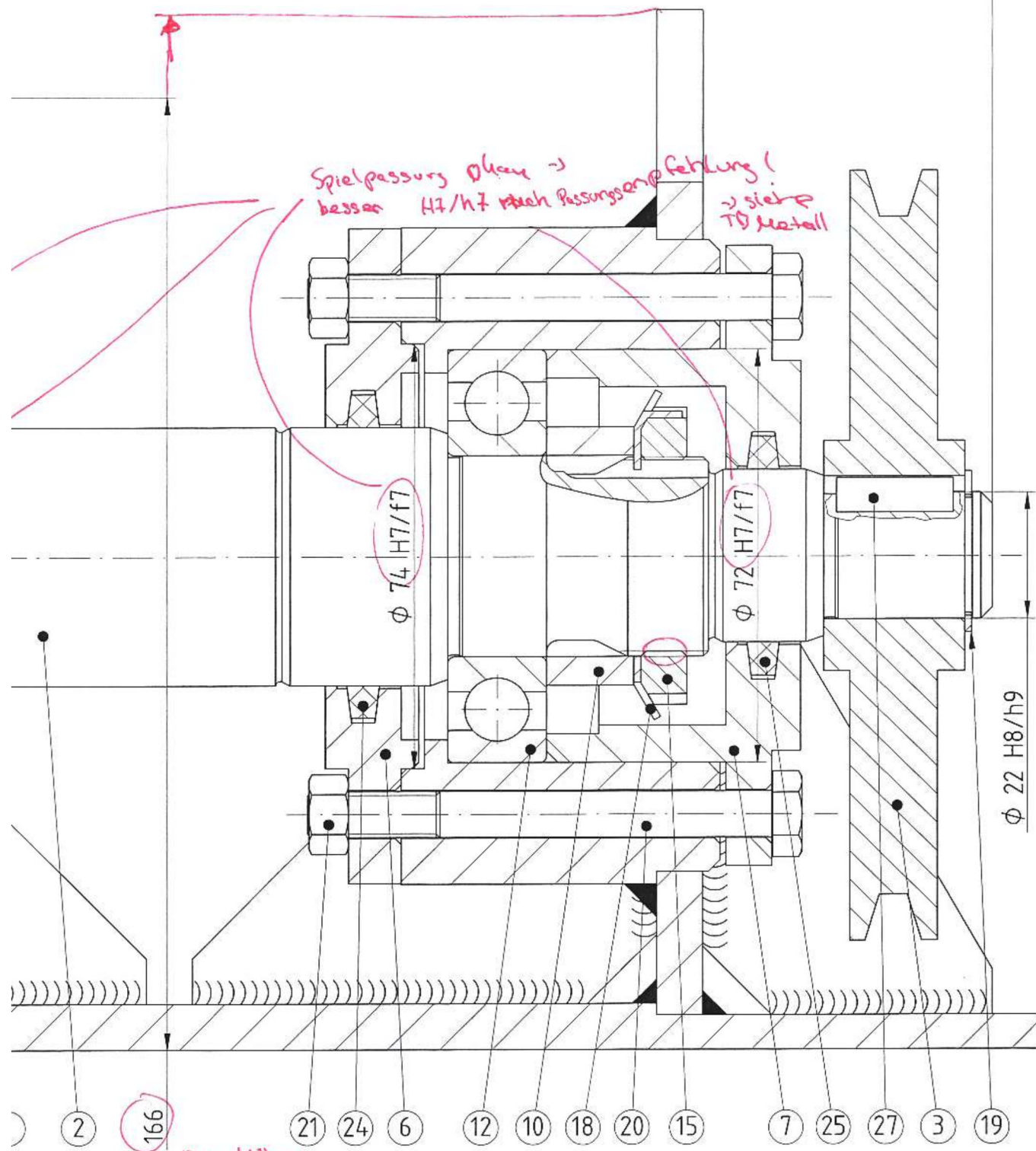
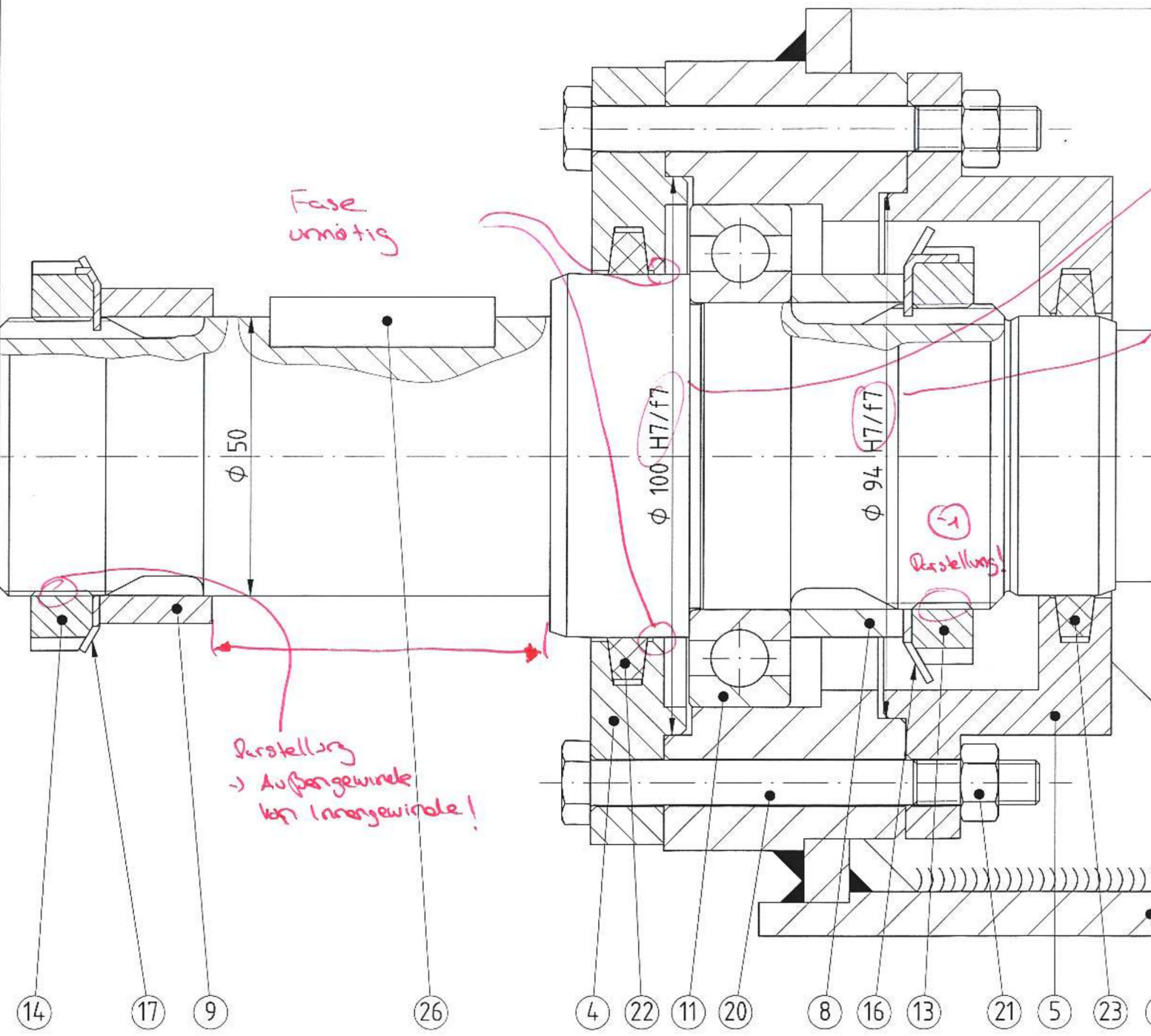
bzw. nur verständlich
Nachbearbeitbar
→ Hinterschneidung




- √ Rz 1,6
- √ Rz 6,3
- (√ Rz 25)

Maßstab 1:2	Gewicht	Allgemeintoleranz DIN ISO 2768-mK	Oberfläche DIN ISO 1302	Tutor
Werkstoff	Format A4			Tutor
				Name
				Dokumentenart Fertigungszeichnung Titel, zusätzlicher Titel Gehäuse Windkraftanlage
				Datum
				2015
				Blatt
				2
				von
				2


377,5



Maßstab 1:1	Gewicht	Allgemeintoleranz	Oberfläche	
Werkstoff	Format A3			
		Dokumentenart Baugruppenzeichnung		
		Titel, zusätzlicher Titel Windkraftanlage		
			Blatt 1	von 3
			2015	




27	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - A - 6 x 6 x 20	
26	1	Stck	Passfeder	DIN 6885 - A - 14 x 9 x 40	
25	1	Stck	Filzring	DIN 5419 M5-30	für Festlager
24	1	Stck	Filzring	DIN 5419 M5-45	für Festlager
23	1	Stck	Filzring	DIN 5419 M5-50	für Loslager
22	1	Stck	Filzring	DIN 5419 M5-65	für Loslager
21	12	Stck	Sechskantmutter	DIN EN ISO 4032 - M8 - 8	
20	12	Stck	Sechskantschrauben	ISO 4014 - M8 x 80 - 8.8	
19	1	Stck	Sicherungsring	DIN 471 - 22 x 1,2	für Riemenscheibe
18	1	Stck	Sicherungsblech	DIN 5406 - MB 7	für Festlager
17	1	Stck	Sicherungsblech	DIN 5406 - MB 10	für Rotor
16	1	Stck	Sicherungsblech	DIN 5406 - MB 11	für Loslager
15	1	Stck	Nutmutter	DIN 981 - KM 7	für Festlager
14	1	Stck	Nutmutter	DIN 981 - KM 10	für Rotor
13	1	Stck	Nutmutter	DIN 981 - KM 11	für Loslager
12	1	Stck	Rillenkugellager	FAG 6207	Festlager
11	1	Stck	Rillenkugellager	FAG 6011	Loslager
10	1	Stck	Distanzring Ø 45		für Festlager
9	1	Stck	Distanzring Ø 60		für Rotor
8	1	Stck	Distanzring Ø 65		Loslager
7	1	Stck	Deckel Festlager außen		Ø 108
6	1	Stck	Deckel Festlager innen		Ø 114
5	1	Stck	Deckel Loslager innen		Ø 137
4	1	Stck	Deckel Loslager außen		Ø 139
3	1	Stck	Keilriemenscheibe		
2	1	Stck	Welle		
1	1	Stck	Schweißgehäuse		260 x 200 x 166

Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
Maßstab 1:1		Gewicht		Allgemeintoleranz	Oberfläche
Werkstoff			Format A3		
			Dokumentenart		
			Baugruppenzeichnung		
			Titel, zusätzlicher Titel		
			Windkraftanlage		
				Blatt	von
				2	3

Passmaß	Toleranzbezeichnung	Abmaße	Spiel / Übermaß
Ø 22 H8h9	H8	+0,033 0	min. Spiel 0
	h9	0 -0,052	max. Spiel 0,085
Ø 72 H7f7	H7	+0,030 0	min. Spiel 0,030
	f7	-0,030 -0,060	max. Spiel 0,090
Ø 74 H7f7	H7	+0,030 0	min. Spiel 0,030
	f7	-0,030 -0,060	max. Spiel 0,090
Ø 94 H7f7	H7	+0,035 0	min. Spiel 0,036
	f7	-0,036 -0,071	max. Spiel 0,106
Ø 100 H7f7	H7	+0,035 0	min. Spiel 0,036
	f7	-0,036 -0,071	max. Spiel 0,106

Tabelle an Blattgröße anpassen!

Maßstab 1:1	Gewicht	Allgemeintoleranz	Oberfläche	Tutor
Werkstoff	Format A3			Tutor
	Dokumentenart			Name
	Baugruppenzeichnung			
Titel, zusätzlicher Titel			Matr.	
Windkraftanlage			Datum	
		Blatt	von	
		3	3	