

Hausübung 1 (HÜ1): Einstufiges Getriebe mit Öлтаuschschmierung

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I / Maschinen- und Apparatekonstruktion I /

Konstruktion in der Medizingerätetechnik I - WS 2017/2018

Die beiliegende Zusammenbauzeichnung zur Hausübung 1 zeigt ein einstufiges Getriebe mit Öлтаuschschmierung.

Aufgabenstellung:

Zeichnen Sie die beiliegende Zusammenbauzeichnung mit Rahmen und Schriftfeld in Originalgröße ab. Benutzen Sie einen Zeichenkarton in DIN A3 (blanko, $\geq 180\text{g/m}^2$).

Folgendes muss bei der Anfertigung der Zeichnung berücksichtigt werden:

- die Zeichnung muss auf Zeichenkarton im Maßstab 1:1 angefertigt werden
- das Schriftfeld gehört zur Zeichnung
- das Schriftfeld muss in sauberer Druckschrift ausgefüllt sein
- auf korrekte Darstellung und Position des Zeichenrahmens ist zu achten
- die Zeichnung muss normgerecht gezeichnet werden
- die Strichstärken müssen klar unterscheidbar sein

Termine: GDM / MAK

23.10.2017	Einführung in die HÜ 1
13.11.2017	Die Abgabe der HÜ 1 findet im Anschluss an das Einführungsseminar Technisches Zeichnen statt.

Termine: KMT

25.10.2017	Einführung in die HÜ 1
15.11.2017	Die Abgabe der HÜ 1 findet im Anschluss an das Einführungsseminar Technisches Zeichnen statt.

Sprechstunden von Herrn Kaufmann zu dieser Übung für GDM / MAK und KMT:

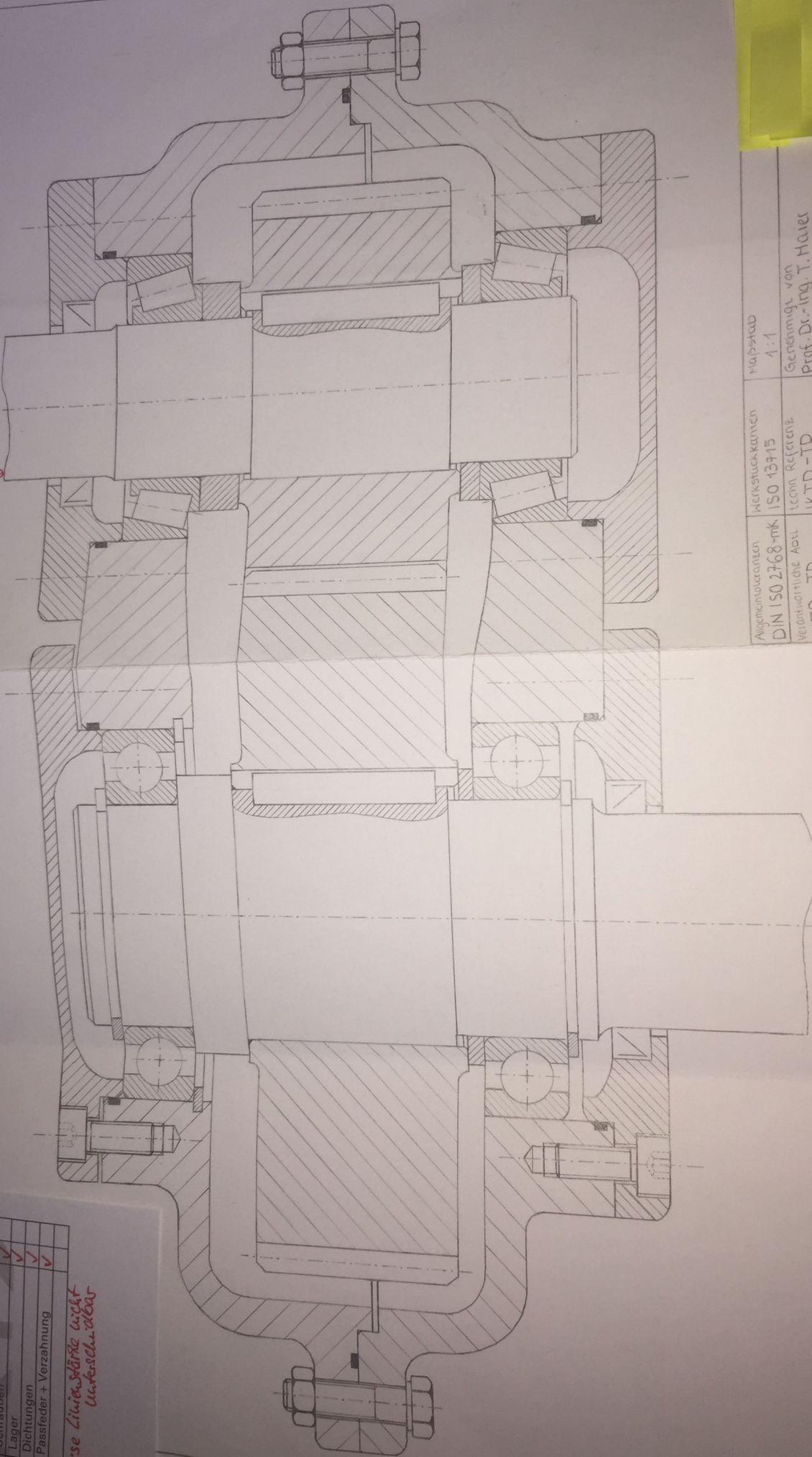
- Freitag, den 27.10.17 um 13 Uhr in Raum 9.1.268
- Freitag, den 10.11.17 um 13 Uhr in Raum 9.1.268

Nr	Kriterium	✓	x
1	Vollständigkeit	✓	✓
2	Sauberkeit	✓	✓
3	Schriftfeld + Rahmen	✓	✓
4	Normgerechte Faltung	✓	✓
5	Linienstärke und Linienart	✓	✓
6	Schraffur	✓	✓
7	Abmessungen	✓	✓
8	Schrauben	✓	✓
9	Lager	✓	✓
10	Dichtungen	✓	✓
11	Passfeder + Verzahnung	✓	✓
Σ			

keine Linienstärke nicht unterschreiben

15. NOV. 2017
STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart

*keine
Lücke*



Angaben zur DIN ISO 2768-mK Variationsbreite IKTD-TD	Werkstücknamen ISO 13715 Techn. Referenz IKTD-TD	Maßstab 1:1 Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. T. Hauer Dokumententart Zusammenbauzeichnung Titel, zusätzlicher Titel Hausübung 1 - Einstufiges Getriebe mit Öltauchschmierung	Dokumentations Freigegeben Sachnummer HU 1 -WS17/18 Ans. / Ausgabedatum Sp A 23 / 25.10.17 de
---	---	---	--

IKTD

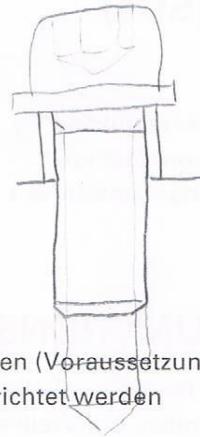
Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

SAALÜBUNG 1 (SÜ1) Wellenflansch

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I
Maschinen- und Apparatekonstruktion I
Konstruktion in der Medizingerätetechnik I

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design

Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design



WICHTIGE HINWEISE

- Name und Matrikelnummer vollständig angeben (Voraussetzung zum Bestehen)
- Fragen können an Mitarbeiter und Tutoren gerichtet werden
- keine Kommunikation zwischen Studierenden
- nur Zeichenmaterial, Skript (GDM I & TZ) und eigene Notizen, die während der Einführung gemacht wurden sind als Hilfsmittel erlaubt → **keine** elektronischen Medien (Smartphone, Tablet, Notebook, etc.)
- Einsammeln der bearbeiteten Aufgabe (nur Lösungsblatt) nach 45 min Bearbeitungszeit durch Tutoren am Platz

Gegebene Werte

$$l-b = 513 \rightarrow 1016$$

$$t = 12$$

$$e = 22,8$$

$$11,4$$

$$\frac{e}{2} = 11,4$$

d	M10	M12	M16
k	10	12 ²⁴	16
d _k	16	18 ³⁶	24
t	5	6	8
e	9,2	11,4 ^{22,8}	15,7
b	-	39,7	-
l	-	45 ⁹⁰	-

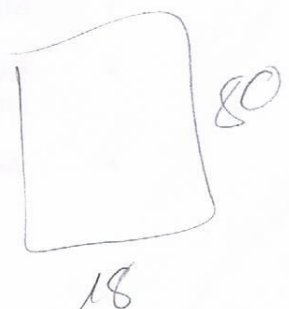
Tabelle 1: Zylinderschraube

Für Gewinde	M10	M12	M16
Nenngröße	10	12	16
d ₁	11	13,5 ¹³	17,5
d ₂	20	24,0 ²⁴	30,0
h	2	2,5	3

Tabelle 2: Scheibe

d ₁ über bis	38 44	44 50	50 58
b	12	14	16
h	8	9	10
t ₁	5	5,5	6
t ₂	3,3	4	4,3
l von bis	28 140	36 160	45 180

Tabelle 3: Passfeder



SAALÜBUNG 1 (SÜ1)

Wellenflansch

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I
Maschinen- und Apparatekonstruktion I
Konstruktion in der Medizingerätetechnik I



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE DER KONSTRUKTION

Um ein Trommelgehäuse über eine Welle anzutreiben, sind die beiden Teile durch einen Wellenflansch miteinander verbunden. Der Wellenflansch ist durch Zylinderschrauben am Gehäuse befestigt. Die Drehmomentübertragung zwischen der Welle und dem Wellenflansch erfolgt mittels einer Passfeder.

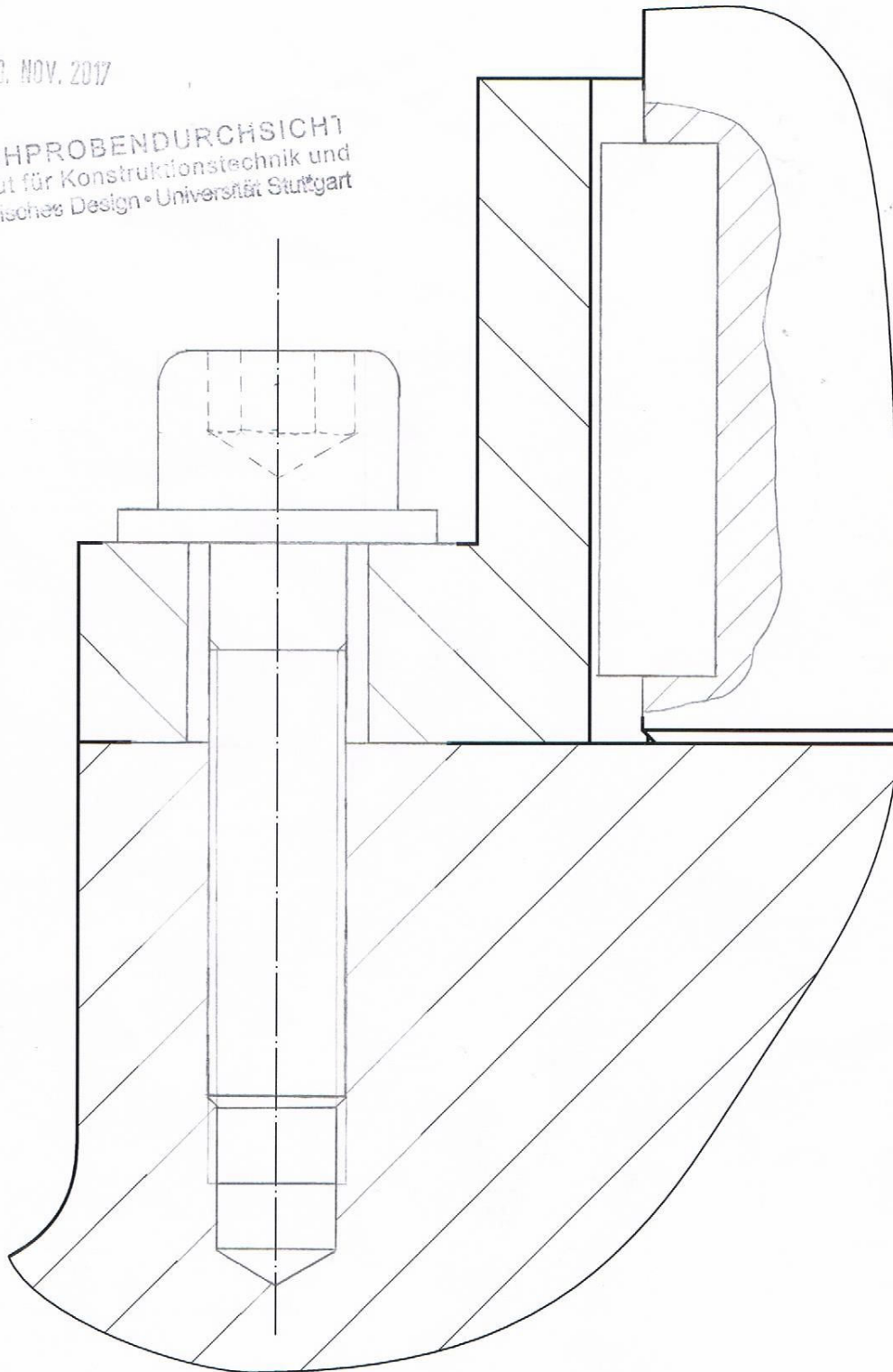
AUFGABENSTELLUNG

Zeichnen einer Schnittdarstellung des Zusammenbaus, bestehend aus dem Gehäuse, der Welle sowie dem Wellenflansch mit einer Schraube und einer Passfeder (in Bleistift auf dem ausgegebenen DIN-A4 Lösungsblatt). Beachten Sie dabei folgende Punkte:

- Berücksichtigen Sie beim Übertragen der hier angegebenen Maße den Maßstab der Zeichnung. 2:1
- Achten Sie bei der Bearbeitung insbesondere auf die verschiedenen erforderlichen Linienbreiten und -arten.
- Füllen Sie die Felder „Name“, „Matrikelnummer“ und „Ausgabedatum“ im Schriftfeld aus.
- Befestigen Sie den Wellenflansch mittels einer Zylinderschraube **M12 x 45** mit Innensechskant (siehe Tabelle 1) am Trommelgehäuse.
- Sehen Sie eine Durchgangsbohrung im Wellenflansch vor. Die Durchgangsbohrung weist nach DIN EN 20273 einen Durchmesser von **13,5 mm** auf. 2 = 27 ✓
- Sehen Sie unterhalb des Schraubenkopfs eine Unterlegscheibe vor (siehe Tabelle 2). ✓
- Zeichnen Sie konstruktiv richtig die Gewindetiefe und Kernlochbohrung im Gehäuse. Für die hier vorliegende Konstruktion mit einer M12 x 45 Schraube ist eine Gewindetiefe von **33 mm** und eine Kernlochbohrung von **38 mm + Spitze** (120° Spitzenwinkel) im Gehäuse vorzusehen. 76
- Der Kerndurchmesser des Außengewindes beträgt **10,11 mm**. -20122 ✓
- Stellen Sie den Innensechskant im Zylinderkopf mittels verdeckter Kanten dar.
- Sehen Sie eine Passfeder **A - 14 x 9 x 40** (siehe Tabelle 3) für die Drehmomentübertragung zwischen der Welle ($\varnothing 47$ mm) und dem Wellenflansch vor.
- Vervollständigen Sie die Schraffuren.

30. NOV. 2017

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart



Name: F. [redacted] & a

Matr.-Nr. [redacted]

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mK	Werkstückkanten ISO 13715	Maßstab 2 : 1	Name [redacted]
Verantwortliche Abtl. IKTD - TD	techn. Referenz IKTD - FO	Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. T. Maier	[redacted]
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design	Dokumentenart Zusammenbauzeichnung	Dokumentenstatus Freigegeben	
	Titel, zusätzlicher Titel Saalübung 1 - Wellenflansch WS17/18	Sachnummer SÜ1_GDM/MAK/KMT	
		Änd. Datum A 29.11.17	Spr. Blatt de 1/1

Zeichenübung 1 (ZÜ1): Befestigungskloben für eine Armauflage

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I / Maschinen- und Apparatekonstruktion I / Konstruktion in der Medizingerätetechnik I - WS 2017/2018

Die beiliegenden Unterlagen zur Zeichenübung 1 zeigen die Zusammenbauzeichnung eines Befestigungsklobens, der auf einer Befestigungsschiene befestigt ist und die Armauflage trägt. Die zugehörige Stückliste finden Sie auf dem Beiblatt.

Aufgabenstellung:

1. Normgerechte Ergänzung der fehlenden Teile in der Zusammenbauzeichnung in allen erforderlichen Ansichten.

- Die Maße und gültigen Normen sind aus der Stückliste zu entnehmen.
- Folgende Einzelteile sollen ergänzt werden:

2	Druckfeder	9	Zylinderstift
3	Scheibe	10	Vierkantrahmen
5	Kugelknopf	14	Innensechskantschraube
6	Sicherungsring	17	Klemmschraube
7	Scheibe	19	Zylinderstift
8	Sicherungsring	20	Lochschiene

2. Normgerechte Passungen der folgenden Elemente:

- System Einheitsbohrung:
 - Der Zylinderstift 9 hat mit der Lochschiene 20 und dem Gehäuse 1 eine Spielpassung.
 - Die Hubstange 4 hat mit der Scheibe 3 eine Spielpassung.
- System Einheitswelle:
 - Der Zylinderstift 19 wird von rechts montiert (siehe Montagerichtung).
 - Die Passungen sind in dieser Reihenfolge auszulegen, analog dem Aufeinandertreffen wie der Oberflächen bei der Montage.
 - Der Zylinderstift 19 hat mit der Klemmschraube 17 eine Übergangspassung.
 - Der Zylinderstift 19 hat mit dem Hebel 18 eine Spielpassung.
 - Der Zylinderstift 19 hat mit der Klemmschraube 17 eine Presspassung.
- Die Passungen sind in die Zeichnung einzutragen.
- In einer getrennten Tabelle sind die Abmaße der Passungen und das maximale und minimale Spiel, bzw. das maximale und minimale Übermaß der Passungen anzugeben.

Erläuterungen zur Aufgabe werden in der Einführung gegeben.

Zeichenübung 1 (ZÜ1): Befestigungskloben für eine Armauflage

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I / Maschinen- und Apparatkonstruktion I /
 Konstruktion in der Medizingerätetechnik I - WS 2017/2018

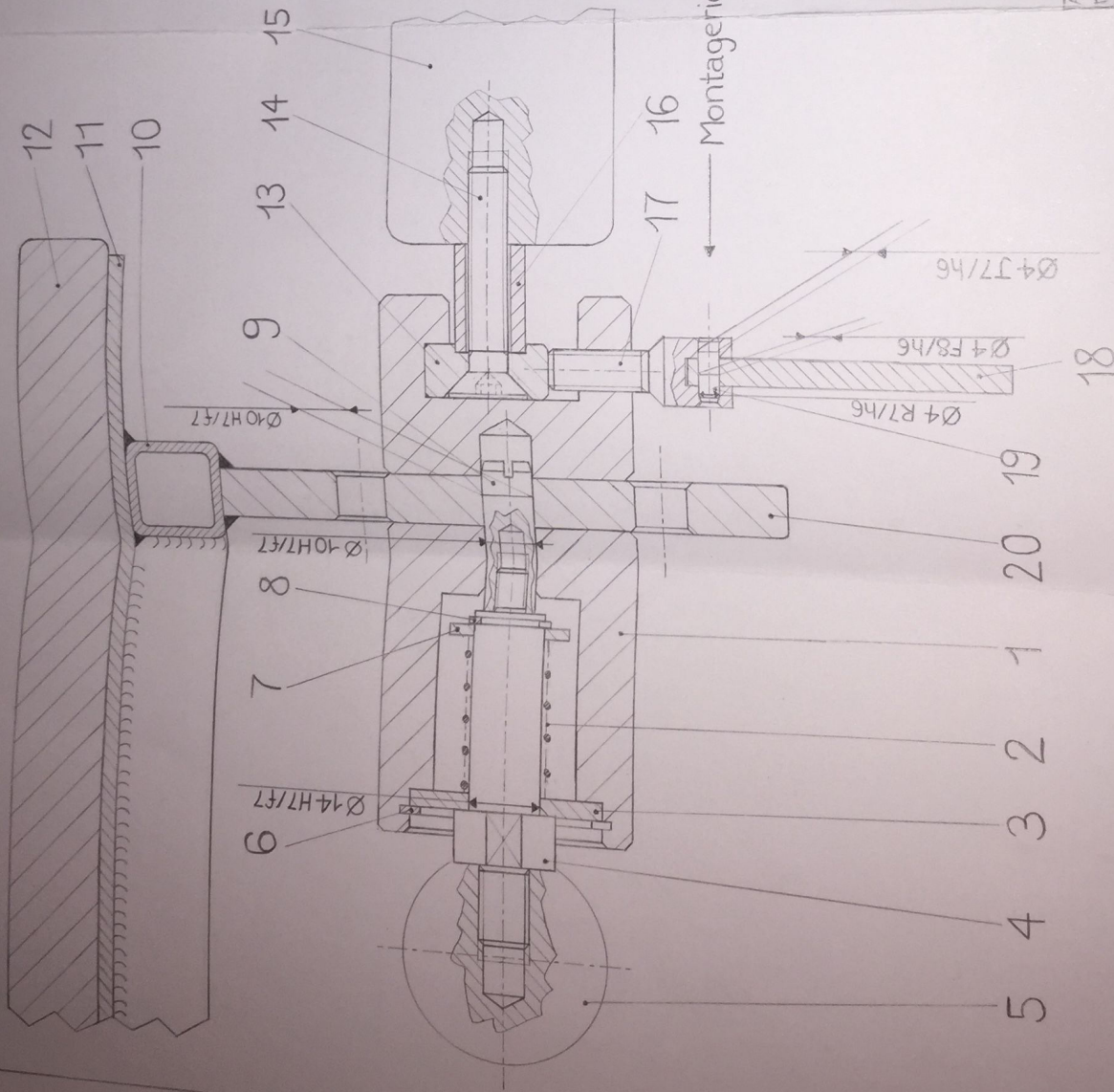
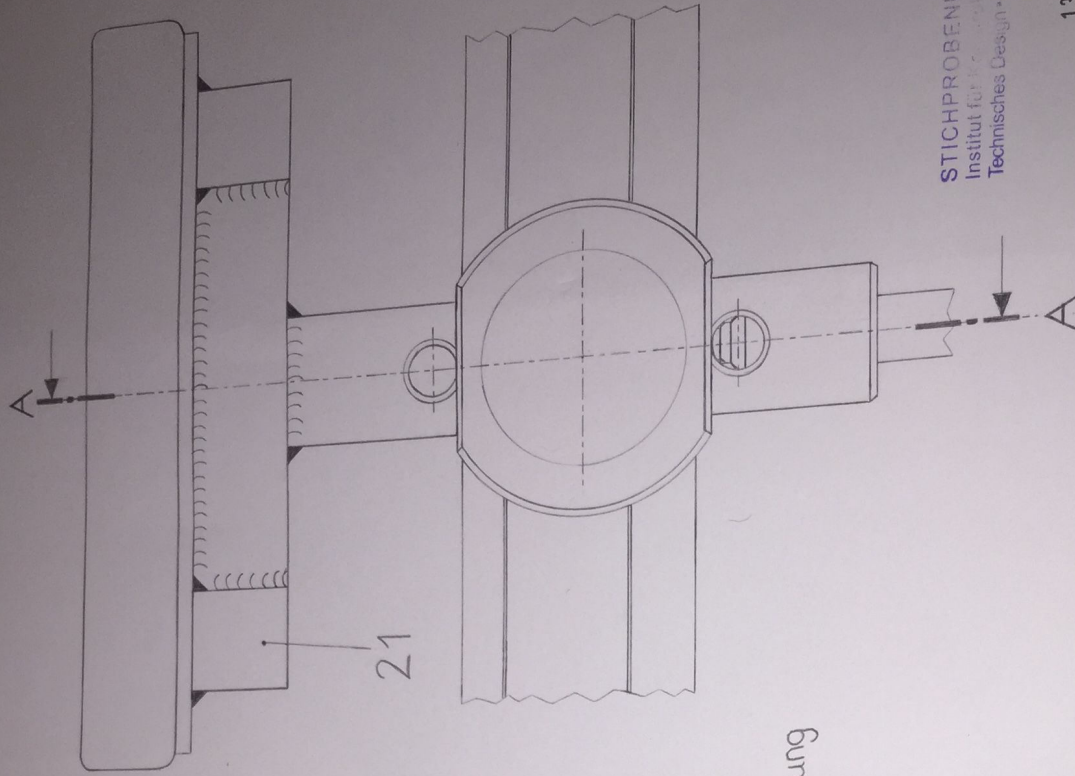
Übersicht über die Toleranzabmaße der Passungen und Angabe des maximalen und
 minimalen Spiels bzw. maximalen und minimalen Übermaßes

Bitte füllen Sie die folgende Tabelle handschriftlich aus

Passung	D _{min} Bohrung [mm]	D _{max} Bohrung [mm]	d _{min} Welle [mm]	d _{max} Welle [mm]	max. Spiel [µm]	min. Spiel [µm]	max. Übermaß [µm]	min. Übermaß [µm]
Zylinderstift 9 hat mit der Lochschiene 20 und dem Gehäuse 1 eine Spielpassung (Einheitsbohrung)								
Ø10 H7/f7	10	10,015	9,972	9,987	43	13	/	/
Die Hubstange 4 hat mit der Scheibe 3 eine Spielpassung (Einheitsbohrung)								
Ø14 H7/f7	14	14,018	13,966	13,984	52	16	/	/
Der Zylinderstift 19 hat mit der Klemmschraube 17 eine Übergangspassung (Einheitswelle)								
Ø4 J7/h6	3,994	4,006	3,992	4	14	/	-6	/
Der Zylinderstift 19 hat mit dem Hebel 18 eine Spielpassung (Einheitswelle)								
Ø4 F8/h6	4,010	4,028	3,992	4	36	10	/	/
Der Zylinderstift 19 hat mit der Klemmschraube 17 eine Presspassung (Einheitswelle)								
Ø4 R7/h6	3,977	3,989	3,992	4	/	/	-23	-3

STICHPROBENDURCHSICHT
 Institut für Konstruktionstechnik
 Technisches Design • Universität Stuttgart

13. DEZ. 2017



STICHPROBENDURCH
Institut für Konstruktionstechnik
Technisches Design • Universität

13. DEZ. 20

Algemeinleistungen DIN ISO 2768-MH	Werkstückkanten DIN ISO 13715	Maßstab 1:1	Gewicht
Verantwortliche Abt. IKTD-TD	Techn. Referenz IKTD-MJ	Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. T. Haier	
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design			
Dokumentenart Zusammenbauzeichnung Titel: Zusätzlicher Titel Zeichnung 1 - Befestigungskloben für eine Klammeranlage			
Dokumentenstatus in Bearbeitung Sachnummer ZÜ1-GDM/MAK and Ausgabedatum A 6.12.2014			

ZEICHENÜBUNG 2 (ZÜ 2)

Maschinenschraubstock

Konstruktion in der Medizingerätetechnik I – WS 17/18

Die beiliegenden Darstellungen zur ZÜ 2 zeigen einen Bohrmaschinenschraubstock in isometrischer Projektion.

Aufgabenstellung

1. Normgerechte Zusammenbauzeichnung des Bohrmaschinenschraubstocks mit den Schnitten
 - A-A: Vertikaler Schnitt durch die Längsachse des Schraubstocks
 - B-B: Vertikaler Schnitt durch die Mittelachse der beweglichen Spannbacke
 - C-C: Profilschnitt durch ein Endstück des Knebelsin der ausgefahrenen Endposition der beweglichen Spannbacke (M 1:1).
Die Positionsnummern und Hauptmaße sind einzutragen. Ergänzen Sie die Zeichnung um eine axiale Fixierung der Spindel in der beweglichen Spannbacke. Sehen Sie eine konstruktive Lösung zur horizontalen und vertikalen Einspannung von rotationssymmetrischen Bauteilen an der feststehenden Spannbacke vor.
Zulässige vereinfachte Darstellung:
 - Zweite Zylinderschraube in der beweglichen Spannbacke im Schnitt B-B
 - Gewindestift M3 und M6 im Schnitt A-A
2. Normgerechte Stückliste des Bohrmaschinenschraubstocks. Nutzen Sie die Vorlage des IKTD.
3. Geben Sie die maximale Spannweite und den nach DIN 6370 geforderten Spannbereich über dem Schriftfeld auf der Zusammenbauzeichnung an.

Alle Maße sind den beiliegenden Isometrien zu entnehmen. Zur Bearbeitung des Testats müssen entsprechende Normen verwendet werden (siehe Isometrieblätter). Erläuterungen zu den Aufgaben werden in der Einführungsveranstaltung gegeben.

Termine

20.12.17 Einführung in die ZÜ 2
10.01.18 Testat:

- Zusammenbauzeichnung des kompletten Bohrmaschinenschraubstocks mit Schnitten, Hauptmaßen und Positionsnummern.
 - o Darstellungsart: Mit Lineal etc. in Bleistift
 - o Papier: Norm-Zeichenblatt DIN-A3 quer, weiß mit gedrucktem Schriftfeld
- Stückliste für den kompletten Bohrmaschinenschraubstock in sauberer normähnlicher Schrift.
 - o Papier: Norm-Stückliste DIN-A4 hochkant, weiß mit gedrucktem Schriftfeld
- Angabe der maximalen Spannweite und des nach DIN 6370 erforderlichen Spannbereichs auf dem Zeichnungsblatt

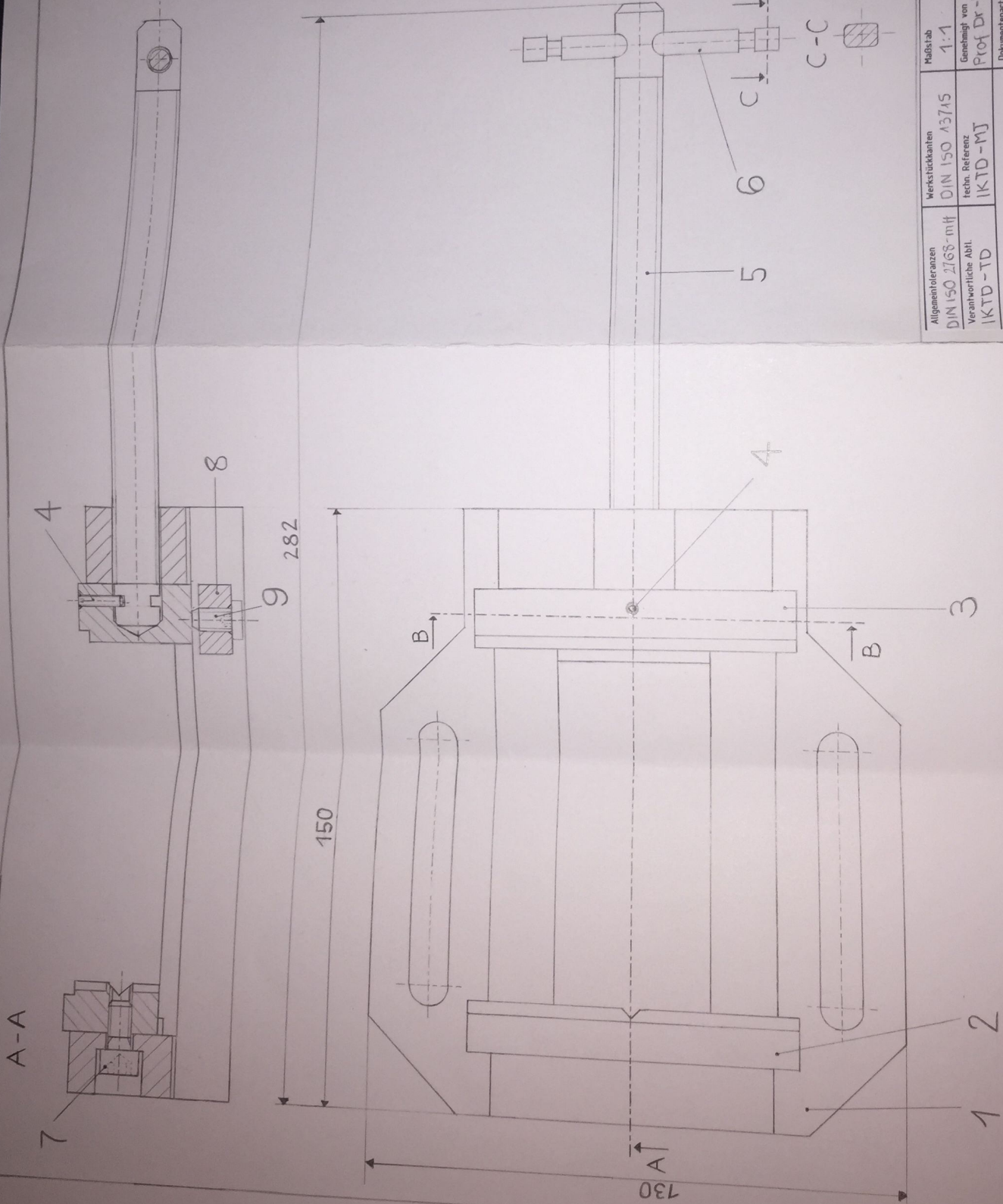
Sprechstundentermine zu dieser Übung:

Freitag, 22.12.17, 13:00 – 14:00 Uhr in Raum 9.1.268

[illegible]

10. JAN. 2018

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart



Allegemeinereferenzen	Verständlichkeitskriterien	Maßstab	Gewicht
DIN 150 2168-mif	DIN 150 23745	1:1	1,7 kg
Verantwortliche Abt.	techn. Referenz	Genehmigt von	
IKTD - TD	IKTD-MJ	Prof. Dr.-Ing. Maier	
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design		Dokumentart	in
		Zusammenbauzeichnung	
		Titel, zusätzlicher Titel	Sachnummer
		Zeichnung 2.2	ZÜ2_GDM/MAK/KMT/WS
		Maschinenschraubstock	And.
			A 20.12.2017
			de 1

Konstruktion in der Medizingerätetechnik 1, WS 2017/18**Konstruktionsübung 1 (KÜ 1): Berechnung eines Maschinenschraubstocks**

Für einen sicheren und zuverlässigen Einsatz eines Bohrmaschinenschraubstocks ist dessen Stabilität unter Belastung unabdingbar. Es dürfen keine bleibenden Verformungen und sonstige Beschädigungen auftreten, die die Verwendbarkeit beeinträchtigen.

Ein Maschinenschraubstock unter Prüfbedingungen sowie detaillierte Angaben zu Querschnitten, Werkstoffen, etc. sind umseitig aufgeführt. Die Spannbacken werden in der Berechnung vernachlässigt.

Das Zusatzblatt (DIN-A3) zur KÜ 1 zeigt den freigeschnittenen Maschinenschraubstock.

Aufgabenstellung:

1. Schneiden Sie den Maschinenschraubstock an den Ecken $\textcircled{A}\textcircled{B}\textcircled{C}$ frei und ermitteln Sie die Lagerreaktionen bzw. Schnittkräfte an den einzelnen Elementen.
2. Ermitteln Sie die Beanspruchungen in den einzelnen Elementen und stellen Sie diese grafisch dar.
3. Ermitteln Sie die Vergleichsspannungen in den einzelnen Elementen.
4. Überprüfen Sie im Rahmen einer Festigkeitsberechnung, welches Element als besonders kritisch angenommen wird. Welches Fazit ziehen Sie aus dieser Berechnung?
5. Einspannung größerer Bauteile: Was ändert sich an den Ergebnissen, wenn die bewegliche Spannbacke eine Position näher am Spindelhalter (Bauteil 3) einnimmt?

Tragen Sie Ihre Ergebnisse in das Zusatzblatt zur KÜ 1 ein.

Erläuterungen zur Aufgabe werden in der Einführungsveranstaltung gegeben.

Termine:

17.01.2018 Einführung in die KÜ 1

24.01.2018 Testat:

- Ermittlung der Lagerreaktionen.
- Ermittlung der Beanspruchungen und Beanspruchungsverläufe.
- Ermittlung der Vergleichsspannungen.
- Festigkeitsberechnung des Schraubstocks und Fazit.

Berechnungsweg: Handschriftlich in sauberer Schrift und Form auf DIN-A4, weiß oder kariert

Ergebnisse: auf dem Zusatzblatt DIN-A3 mit Lineal in sauberer Schrift und Form

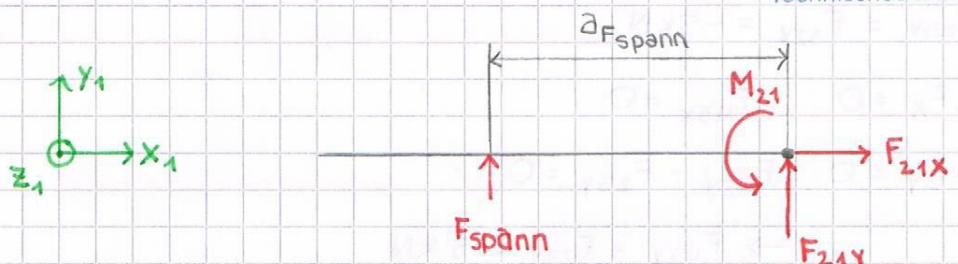
Sprechstundentermin von Herrn Fischer zu dieser Übung:

- Freitag, 19.01.18, 13:00-14:00 Uhr in Raum 9.1.268

Konstruktionsübung 1:Berechnung eines Maschinenschraubstocks① Freischnitt, ReaktionskräfteSTICHPROBENÜBERSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart

24. JAN. 2018

EL1



geg.: $F_{\text{spann}} = 5 \text{ kN}$

$$\sum F_x = 0 : F_{21x} = 0$$

$$\sum F_y = 0 : F_{21y} + F_{\text{spann}} = 0$$

$$\rightarrow F_{21y} = -F_{\text{spann}} = -5 \text{ kN}$$

$$\sum M_z = 0 : M_{21} - F_{\text{spann}} \cdot a_{\text{Fspann}} = 0$$

$$\begin{aligned} \rightarrow M_{21} &= F_{\text{spann}} \cdot a_{\text{Fspann}} = 5 \text{ kN} \cdot (a - c_2) \\ &= 5 \text{ kN} \cdot 0,0195 \text{ m} \\ &= 97,5 \text{ Nm} \end{aligned}$$

EL2



$$F_{12x} = F_{21y} = -5 \text{ kN}$$

$$M_{12} = M_{21} = 97,5 \text{ Nm}$$

$$\sum F_x = 0 : F_{12x} + F_{32x} = 0$$

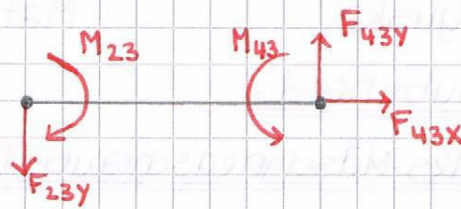
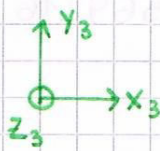
$$\rightarrow F_{32x} = -F_{12x} = 5 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 : F_{32y} = 0$$

$$\sum M_z = 0 : M_{32} - M_{12} = 0$$

$$\rightarrow M_{32} = M_{12} = 97,5 \text{ Nm}$$

EL 3



$$M_{23} = M_{32} = 97,5 \text{ Nm}$$

$$F_{23y} = F_{32x} = 5 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0 : F_{43x} = 0$$

$$\sum F_y = 0 : F_{43y} - F_{23y} = 0$$

$$\rightarrow F_{43y} = F_{23y} = 5 \text{ kN}$$

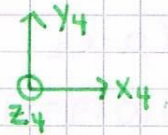
$$\sum M_z = 0 : M_{43} - M_{23} + (F_{23y} \cdot (a - c_2))$$

$$\rightarrow M_{43} = M_{23} - (F_{23y} \cdot (a - c_2))$$

$$= 97,5 \text{ Nm} - (5 \text{ kN} \cdot 0,0195 \text{ m})$$

$$= 0$$

EL 4

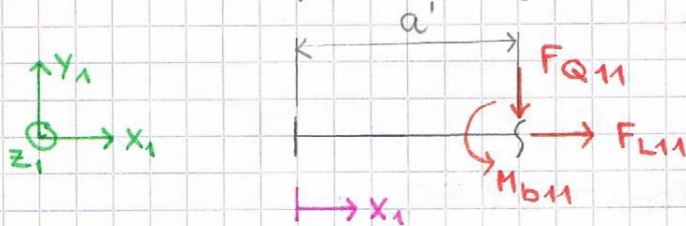


$$\sum F_x = 0 : F_{34x} - F_{\text{spann}} = 0$$

$$\rightarrow 5 \text{ kN} - 5 \text{ kN} = 0 \quad \checkmark$$

② Beanspruchungen

EL1

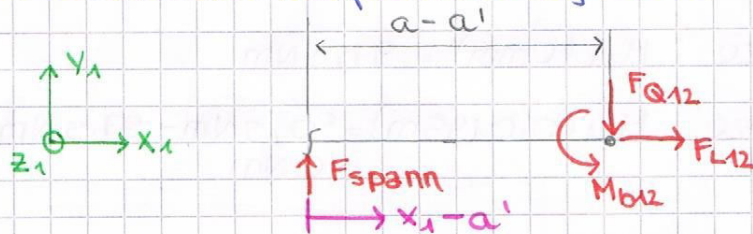
a) links der Kräfteeinleitungsstelle $0 \leq x_1 \leq a'$ 

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design Universität Stuttgart
24. JAN. 2018

$$\sum F_x = 0 : F_{L11} = 0$$

$$\sum F_y = 0 : F_{Q11} = 0$$

$$\sum M_z = 0 : M_{b11} = 0$$

b) rechts der Kräfteeinleitungsstelle $a' < x \leq a$ 

$$\sum F_x = 0 : F_{L12} = 0$$

$$\sum F_y = 0 : F_{\text{spann}} - F_{Q12} = 0$$

$$\rightarrow F_{Q12} = F_{\text{spann}} = 5 \text{ kN}$$

$$\sum M_z = 0 : M_{b12} - F_{\text{spann}} \cdot (x_1 - a') = 0$$

$$\rightarrow M_{b12} = F_{\text{spann}} \cdot (x_1 - a')$$

$$= 5 \text{ kN} \cdot x_1 - 50 \text{ Nm}$$

$$\text{linke Grenze: } x_1 = a' \rightarrow M_{b12}(10 \text{ mm}) = 0 \text{ Nm}$$

$$\text{rechte Grenze: } x_1 = a \rightarrow M_{b12}(0,0295 \text{ m}) = 5 \text{ kN} \cdot 0,0295 \text{ m} - 50 \text{ Nm} \\ = 97,5 \text{ Nm}$$

EL2



$$\sum F_x = 0 : F_{L21} - F_{12x} = 0$$

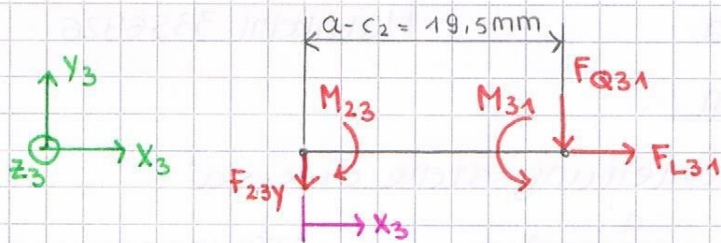
$$\rightarrow F_{L21} = F_{12x} = 5 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 : F_{Q21} = 0$$

$$\sum M_z = 0 : M_{b21} - M_{12} = 0$$

$$\rightarrow M_{b21} = M_{12} = 97,5 \text{ Nm}$$

EL3



$$\sum F_x = 0 : F_{L31} = 0$$

$$\sum F_y = 0 : -F_{Q31} - F_{23y} = 0$$

$$\rightarrow F_{Q31} = -F_{23y} = -5 \text{ kN}$$

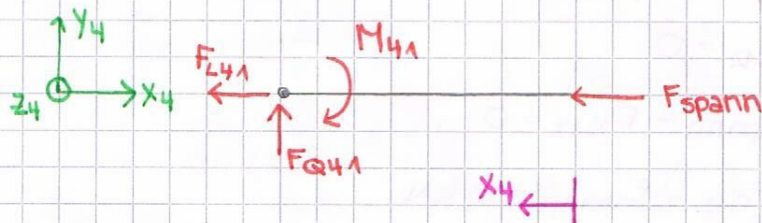
$$\sum M_z = 0 : M_{31} - M_{23} + (F_{23y} \cdot x_3) = 0$$

$$\begin{aligned} \rightarrow M_{31} &= M_{23} - (F_{23y} \cdot x_3) \\ &= 97,5 \text{ Nm} - 5000 \text{ N} \cdot x_3 \end{aligned}$$

$$\text{linke Grenze: } M_{31}(0 \text{ mm}) = 97,5 \text{ Nm}$$

$$\text{rechte Grenze: } M_{31}(0,0195 \text{ m}) = 97,5 \text{ Nm} - 97,5 \text{ Nm} = 0 \text{ Nm}$$

EL4



$$\sum F_x = 0 : -F_{L41} - F_{\text{spann}} = 0$$

$$\rightarrow F_{L41} = -F_{\text{spann}} = -5 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 : F_{Q41} = 0$$

$$\sum M_z = 0 : M_{41} = 0$$

③ Vergleichsspannungen

EL1 Untersuchung auf Schub, Biegung

Schub $\tau_{s1} = \frac{F_{Q1}(x)}{A_1(x)} = \frac{5000 \text{ N}}{68 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm}} = 4,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Biegung $\sigma_{b1} = \frac{M_{b1}(x)}{W_{b1}(x)}$ mit $W_{b1} = \frac{bh^2}{6}$

$$\rightarrow W_{b1} = \frac{68 \text{ mm} \cdot (15 \text{ mm})^2}{6} = 2550 \text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \sigma_{b1} = \frac{97,5 \text{ Nmm} \cdot 10^3}{2550 \text{ mm}^3} = 38,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{also } \sigma_{v1} = \sqrt{(38,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2 + 3 \cdot (4,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2} = 39,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

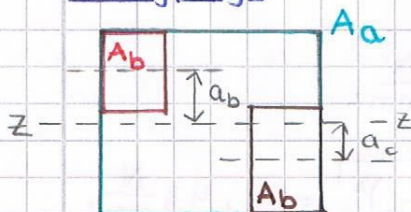
EL2 Untersuchung auf Zug, Biegung

Zug $\sigma_{z2} = \frac{F_{L2}(x)}{2 \cdot A(x)} = \frac{5000 \text{ N}}{2 \cdot A(x)}$

$$\begin{aligned} \rightarrow A(x) &= ((t_{2a} + t_{2b} + t_{2c}) \cdot (h_{2a} + h_{2b} + h_{2c})) \\ &\quad - (t_{2c} \cdot (h_{2a} + h_{2b})) - (t_{2a} \cdot (h_{2c} + h_{2b})) \\ &= ((7,5 + 9 + 7) \text{ mm} \cdot (12 + 2 + 6) \text{ mm}) \\ &\quad - (7 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm}) - (7,5 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm}) \\ &= 470 \text{ mm}^2 - 98 \text{ mm}^2 - 60 \text{ mm}^2 = 312 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rightarrow \sigma_{z2} = \frac{5000 \text{ N}}{2 \cdot 312 \text{ mm}^2} = 8,01 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Biegung



$$\sigma_{b2} = \frac{M_{b2}(x)}{W_{b2}(x)} = \frac{97,5 \text{ Nm}}{W_{b2}(x)} \text{ mit } W_{b2} = \frac{I_{\text{ges}}}{y_{\text{max}}}$$

$$I_a = I_{\text{Rechte}} + a_a^2 \cdot A_a$$

$$\begin{aligned} &= \frac{b \cdot h^3}{12} + 0 \cdot A_a = \frac{(t_{2a} + t_{2b} + t_{2c}) \cdot (h_{2a} + h_{2b} + h_{2c})^3}{12} \\ &= \frac{23,5 \text{ mm} \cdot (20 \text{ mm})^3}{12} = 15666,67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$I_b = I_{\text{Rechte}} + a_b^2 \cdot A_b$$

$$= \frac{t_{2a} \cdot (h_{2c} + h_{2b})^3}{12} + \left(\frac{1}{2} (h_{2c} + h_{2b}) + (h_{2a} - c_2) \right)^2 \cdot (t_{2a} \cdot (h_{2c} + h_{2b}))$$

$$= \frac{7,5 \text{ mm} \cdot (8 \text{ mm})^3}{12} + (6 \text{ mm})^2 \cdot 60 \text{ mm}^2 = 2480 \text{ mm}^4$$

$$I_c = I_{\text{Rechte}} + a_c^2 \cdot A_c$$

$$= \frac{t_{zc} \cdot (h_{za} + h_{zb})^3}{12} + (3\text{mm})^2 \cdot (7\text{mm} \cdot 14\text{mm})$$

$$= 2\,482,67\text{ mm}^4$$

$$I_{\text{ges}} = 2 \cdot (I_a - I_b - I_c) = 2 \cdot (115\,666,67\text{ mm}^4 - 2480\text{ mm}^4 - 2482,67\text{ mm}^4) = 21\,408\text{ mm}^4$$

$$\rightarrow W_{b2} = \frac{I_{\text{ges}}}{y_{\text{max}}} = \frac{21\,408\text{ mm}^4}{10\text{ mm}} = 2\,140,8\text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \sigma_{b2} = \frac{97,5\text{ Nmm} \cdot 10^3}{2\,140,8\text{ mm}^3} = 45,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{also } \sigma_{v2} = |\sigma_{z2}| + |\sigma_{b2}| = 8,01 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 45,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 53,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

EL 3 Untersuchung auf Schub, Biegung

$$\text{Schub } \tau_{53} = \frac{F_{Q3}(x)}{A_3(x)}$$

$$= \frac{-5000\text{ N}}{68\text{ mm} \cdot 20\text{ mm}} = -3,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Biegung } \sigma_{b3} = \frac{M_{b3}(x)}{W_{b3}(x)} \quad \text{mit } W_{b3} = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\rightarrow W_{b3} = \frac{68\text{ mm} \cdot (20\text{ mm})^2}{6} = 4\,533,3\text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \sigma_{b3} = \frac{97,5\text{ Nmm} \cdot 10^3}{4\,533,3\text{ mm}^3} = 21,51 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{also } \sigma_{v3} = \sqrt{(21,51 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2 + 3 \cdot (-3,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2} = 22,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

EL 4 Druck $\sigma_{d4} = \frac{F_{L4}(x)}{A_4(x)}$

$$\rightarrow A(x) = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (9\text{ mm})^2}{4} = 63,62\text{ mm}^2$$

$$\rightarrow \sigma_{d4} = \frac{-5000\text{ N}}{63,62\text{ mm}^2} = -78,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{also } \sigma_{v4} = |\sigma_{d4}| = 78,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

(4) Festigkeitsberechnung

EL1

spröder Werkstoff

$$S_{B1} = \frac{R_m}{\sigma_{v1}} = \frac{200 \text{ N/mm}^2}{39,1 \text{ N/mm}^2} = 5,1$$

typische Sicherheitsbeiwerte: 4-9

→ somit ist die Sicherheit ausreichend

EL2

spröder Werkstoff

$$S_{B2} = \frac{R_m}{\sigma_{v2}} = \frac{200 \text{ N/mm}^2}{53,6 \text{ N/mm}^2} = 3,73$$

typische Sicherheitsbeiwerte: 4-9

→ somit ist die Sicherheit nicht ausreichend!

EL3

spröder Werkstoff

$$S_{B3} = \frac{R_m}{\sigma_{v3}} = \frac{200 \text{ N/mm}^2}{22,43 \text{ N/mm}^2} = 8,92$$

typische Sicherheitsbeiwerte: 4-9

→ somit ist die Sicherheit ausreichend

EL4

zäher Werkstoff

$$F_k = 2\pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{l^2} = 2\pi^2 \cdot \frac{210\,000 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(\frac{\pi}{64} \cdot (9 \text{ mm})^4\right)}{(80 \text{ mm})^2}$$

$$= 208\,595,94 \text{ N}$$

$$S_k = \frac{F_k}{F_N} = \frac{208\,595,94 \text{ N}}{5\,000 \text{ N}} = 41,72$$

typische Sicherheitsbeiwerte: 2,5-5

→ somit ist die Sicherheit ausreichend

$$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{v4}} = \frac{355 \text{ N/mm}^2}{78,6 \text{ N/mm}^2} = 4,52$$

typische Sicherheitsbeiwerte: 1,2-2

→ somit ist die Sicherheit ausreichend

$$S_B = \frac{R_m}{\sigma_{v4}} = \frac{590 \text{ N/mm}^2}{78,6 \text{ N/mm}^2} = 7,51$$

typische Sicherheitsbeiwerte: 2-3

→ somit ist die Sicherheit ausreichend

→ Fazit : Element 2, die Grundschiene, wird als besonders kritisch angesehen, da ihr Sicherheitsbeiwert nicht ausreichend ist. Sie könnte versagen.

⑤ Einspannung größerer Bauteile

Bei der Einspannung größerer Bauteile, wird die Sicherheit gegen Knicken in Element 4 größer, denn l wird kleiner als 80 mm, wodurch F_k größer wird und analog dazu, S_k auch.

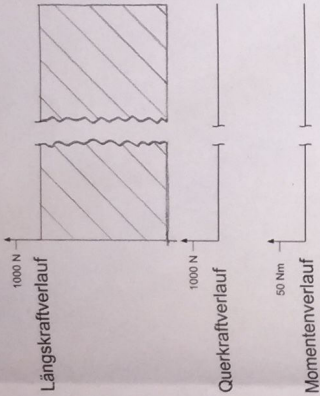
Konstruktionsübung 1 (KÜ 1): Berechnung eines Maschinenschraubstocks

Freigeschnittener Maschinenschraubstock, M 2:1 Zusatzblatt (DIN-A3)

Hinweis:
Blatt wird in Einführungsveranstaltung ausgeteilt
ODER
eigener Ausdruck ohne Einpassung auf A3

24. JAN. 2018

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart

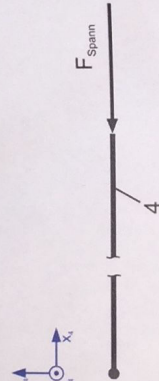


$$\sigma_{v1} = \dots 38,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{K1} = \dots 4,172$$

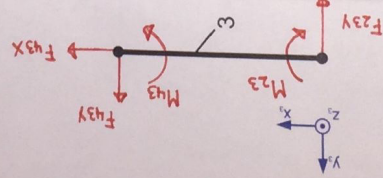
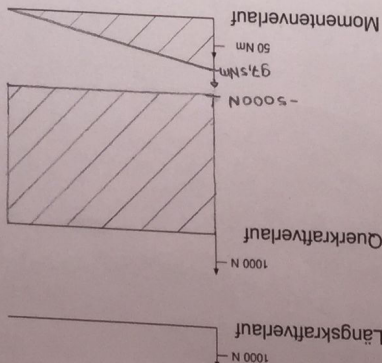
$$S_{F1} = \dots 4,52$$

$$S_{B1} = \dots 7,51$$



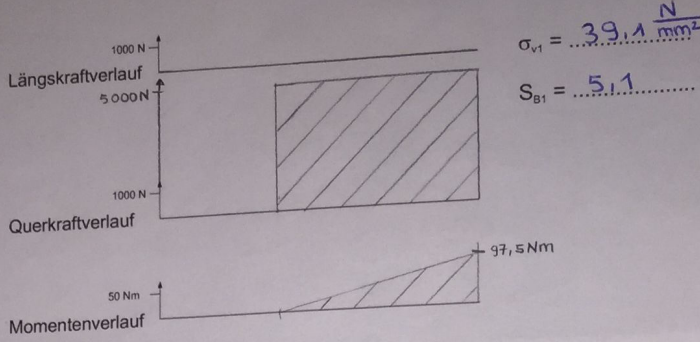
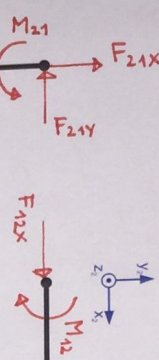
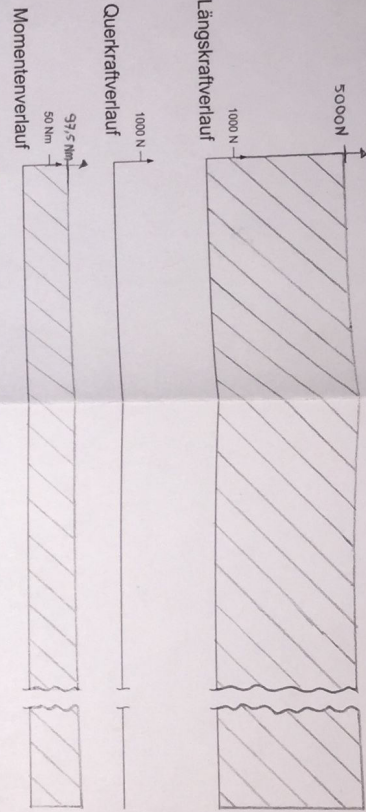
$$\sigma_{v3} = \dots 22,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{B3} = \dots 8,92$$



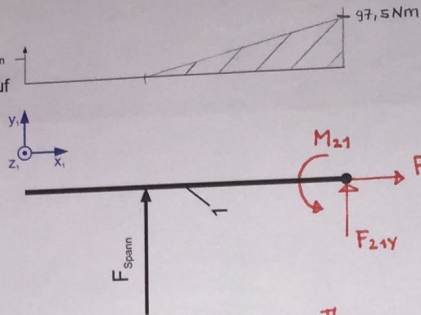
$$\sigma_{v2} = \dots 53,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{B2} = \dots 3,173$$



$$\sigma_{v1} = \dots 39,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{B1} = \dots 5,1$$



Konstruktionsübung 2 (KÜ2):

Marktanalyse mit Konzepterstellung und -bewertung

Konstruktion in der Medizingerätetechnik I - WS 17/18

Die genaue Kenntnis der Marktsituation ist eine wichtige Grundlage jeder Produktentwicklung. Eine Übersicht über vergleichbare Eigenschaften von Produkten diverser Anbieter ist dafür unverzichtbar.

Die Generierung und Bewertung von Lösungsideen entsprechend einer definierten Anforderungsliste bilden den Tätigkeitsschwerpunkt in der Konzeptphase einer Produktentwicklung.

Die beiliegende Darstellung zur KÜ2 zeigt die vereinfachten Funktionsbaugruppen einer Tischzentrifuge.

Aufgabenstellung:

1. Ermitteln Sie 3 Tisch-/ Kleinzentrifugen von drei verschiedenen Herstellern und untersuchen Sie diese bezüglich:
 - Probenanzahl
 - Geräuschentwicklung
 - RCF-Bereich
 - Abmessungen
 - Probenvolumina
 - Unwuchtabschaltung
 - Umdrehungen pro Minute
 - Gewicht

Geben Sie neben Hersteller und Typenbezeichnung auch die Quelle und den Stand der Daten an.

Erstellen Sie Auswertungen in Form von Balkendiagrammen für:

- Geräuschentwicklung
 - RCF-Bereich
 - Probenvolumina
2. Auf Basis der durchgeführten Marktanalyse sollen Lösungsideen für eine Tischzentrifuge generiert werden. Erstellen Sie eine Anforderungsliste für eine Tischzentrifuge mit mindestens 15 Forderungen und 10 Wünschen. Orientieren Sie sich dabei am Skript, Kapitel 2.2.1.6.
 3. Skizzieren Sie mindestens drei mögliche Anordnungen zur Lösungsfindung (DIN-A3 oder A4, blanko) mithilfe der vereinfachten Funktionsbaugruppen (s. Beiblatt). Die Skizzen müssen nicht maßstabsgetreu angefertigt werden.
 4. Zeichnen Sie mindestens zwei Lösungsideen in der Seitenansicht samt Außenkontur mit mindestens einem neuen Gestaltaufbau. Verwenden Sie dafür die vereinfachten Funktionsbaugruppen (s. Beiblatt, Maßstab 1:2). Die Verbindungen zwischen den Funktionsbaugruppen erfolgen vereinfacht durch die Wellenstummel, die gestrichelt einzuzeichnen sind. Kabel müssen in der Zeichnung ebenfalls eingezeichnet werden. Diese Zeichnungen müssen maßstabsgetreu angefertigt werden.

5. Bewerten Sie Ihre Lösungsideen ohne Gewichtung in einer Bewertungstabelle auf Basis der Anforderungsliste und ermitteln Sie deren Technische Wertigkeiten W_t . Orientieren Sie sich dabei am Skript, Kapitel 2.2.2.7. Bei der Berechnung werden nur die Wünsche einbezogen.
Beurteilen Sie anhand der technischen Wertigkeit Ihre Varianten und erstellen Sie ein Fazit.

Erläuterungen zur Aufgabe werden in der Einführung gegeben.

Termine:

31.01.2018 Einführung in die KÜ2

- 07.02.2018 Testat:
- Übersichtstabelle von 3 verschiedenen Tischzentrifugen von 3 verschiedenen Herstellern in tabellarischer Form und die zugehörigen Auswertungen in Form von Balkendiagrammen.
 - Papier: Vorlage Benchmark und Vorlage Balkendiagramm (handschriftlich)
 - Anforderungsliste für eine Tischzentrifuge mit mindestens 15 Forderungen und 10 Wünschen.
 - Papier: Vorlage Anforderungsliste (handschriftlich)
 - Mindestens 3 Skizzen zur Lösungsfindung.
 - Papier: DIN-A3 oder A4, blanko
 - 2 Lösungsideen in der Seitenansicht mit unterschiedlichem Gestaltaufbau auf Basis der vereinfachten Funktionsbaugruppen inklusive der Außenkontur der zusammengebauten Tischzentrifuge und den Kabelverbindungen der elektronischen Bauteile.
 - Papier: DIN-A3 quer, blanko, weiß mit aufgeklebtem Schriftfeld
 - Darstellung: Lineal, etc. in Bleistift, M 1:2, Wandstärke der Außenkontur $s = 3 \text{ mm}$
 - Bewertungstabelle mit Bewertung der Lösungsideen und zugehöriges Fazit.
 - Papier: Vorlage Bewertungstabelle (handschriftlich)

Sprechstundentermin zu dieser Übung:

Freitag, 02.02.2017, 13:00 - 13:30 Uhr in Raum 9.1.264

Konstruktionsübung 2 (KÜ 2): Benchmark Tischzentrifuge

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I / Maschinen- und Apparatekonstruktion I – WS 17/18
Konstruktion in der Medizingerätetechnik I – WS 17/18

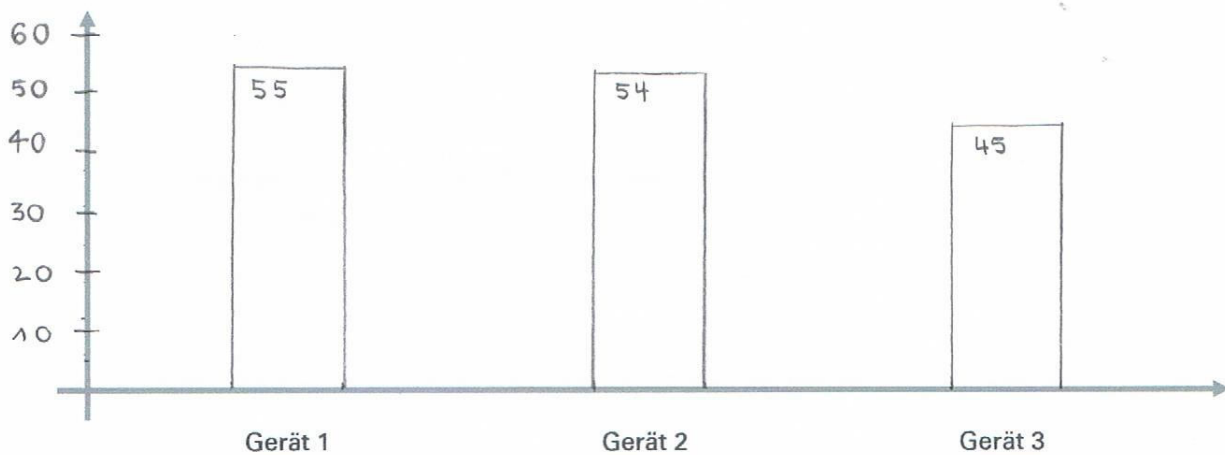
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

Nr.	Gerät 1	Gerät 2	Gerät 3
Hersteller	Hettich	Eppendorf	Fisherbrand
Modell	EBA 200 S	Centrifuge 5427 R	Mini-Centrifuge 100-240VAC
Probenanzahl	8	24	6
Geräuschentwicklung [dB]	55	54	45
RCF-Bereich	6 153 x 9	25 000 x 9	2 000 x 9
Abmessungen [mm] (B/H/T)	262 x 228 x 352	319 x 254 x 540	153 x 128 x 104
Probenvolumina [ml]	15	2	2
Unwuchtabschaltung [ja/nein]	Ja	n.b.	Nein
Umdrehungen maximal [1/m]	8 000	16 220	6 000
Gewicht [kg]	10	30	1,5
Besonderheiten	- wartungsfreier Frequenzantrieb - Überhitzungsschutz	- ergonomische Bedienung mit einem Finger	- austauschbare Rotoren - Adapter für kleinere Pöden
Quelle	www.hettichlab.com	www.online-shop.eppendorf.de	www.fishersci.ch/shop/products

Stand: 01.02.2018

Konstruktionsübung 2 (KÜ 2): Balkendiagramme

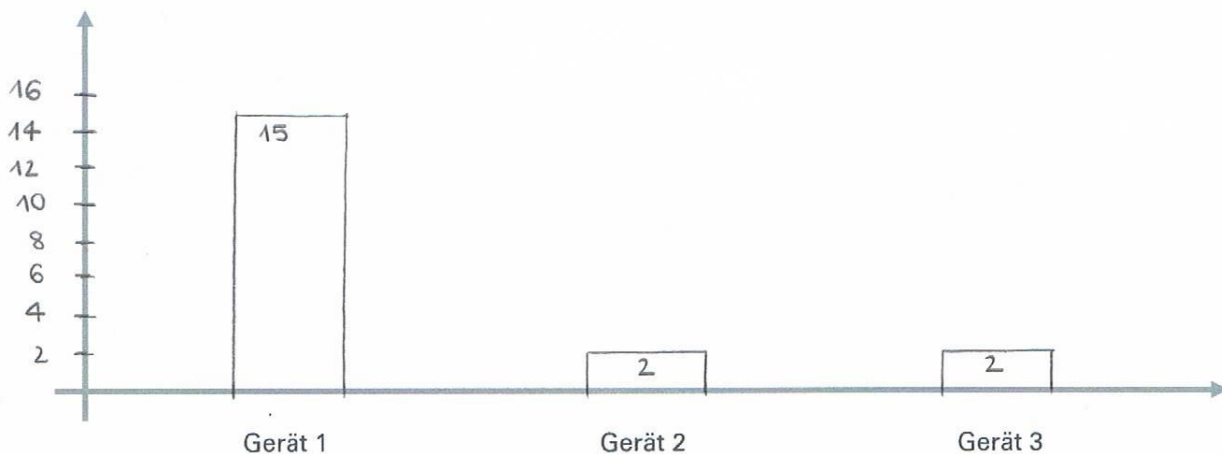
Geräuschentwicklung [dB]



RCF Werte [$\times 9$]



Probenvolumina [ml]



Konstruktionsübung 2 (KÜ 2):

07. FEB. 2018

Marktanalyse mit Konzepterstellung und -bewertung

Grundzüge der Maschinenkonstruktion I / Maschinen- und Apparatekonstruktion I – WS 17/18
Konstruktion in der Medizingerätetechnik I – WS 17/18

Anforderungsliste für Tischzentrifuge					
Firma: IK		KÜ2		Ausgabe vom: 01.02.2018	
Bearbeiter:				Ers. Ausg. v.:	
F W	Nr.	Anforderung Forderung (F), Wunsch (W)	Beschreibung, Quantifizierung	Verant./ Quelle	Ände- rung
F	1	<u>Planungsdaten</u> Fertigstellung der Konzepte	bis 07.02.2018		
F	2	<u>Technisch-physikal. Anforderungen</u> Gerätemasse	< 10 kg		
W	3	austauschbare Rotoren			
F	4	geräuscharm	< 50 dB		
F	5	maximale Umdrehungszahl	> 8 000 1/min		
F	6	RCF-Bereich	> 6 000 xg		
F	7	Probenvolumina	> 10 ml		
F	8	Probenanzahl	≥ 6 Stück		
F	9	Umwuchtabschaltung			
F	10	automatische Verriegelung des Deckels während Betrieb			
W	11	kurze Kabelführung			
F	12	<u>Fertigungstechn. Anforderungen</u> Gussgerechte Bauteile			
F	13	<u>Wirtschaftl. Anforderungen</u> Stückzahl	> 100 000 pro Jahr		
F	14	Herstellkosten	< 300 €		
F	15	<u>Mensch-Produkt-Anforderungen</u> • <u>Betätigung & Benutzung</u> Überhitzungsschutz			
W	16	mobiler Einsatz			
W	17	bedienerfreundlicher Display			
W	18	ergonomische Bedienung			
W	19	stand-by-Modus			
F	20	Benachrichtigung bei Fertigstellung	Alarmton, je nach Möglichkeit Benachrichtigung auf Smartphone		
W	21	einfache und gründliche Reinigung			
W	22	• <u>Sichtbarkeit & Erkennbarkeit</u> Beleuchtung bei Dunkelheit			
W	23	ansprechendes Design			
W	24	Einschbarkeit des Zentrifugen- innenbereichs			
F	25	Laufzeit-Einstellung			

07. FEB. 2018

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design

Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

Bewertungstabelle für Tischzentrifuge

Firma: KTD

Bearbeiter:

T KU 2

Ausgabe vom: 01.02.2018

Ers. Ausg. v.:

F W	Nr.	Anforderung Forderung (F), Wunsch (W)	Erfüllungsgrad p_k	
			Variante 1	Variante 2
F	1	<u>Planungsdaten</u> Fertigstellung der Konzepte	4	4
		<u>Technisch-physikal. Anforderungen</u>		
F	2	Gerätemasse	4	4
W	3	austauschbare Rotoren	4	4
F	4	geräuscharm	4	4
F	5	maximale Umdrehungszahl	4	4
F	6	RCF-Bereich	4	4
F	7	Probenvolumina	4	4
F	8	Probenanzahl	4	4
F	9	unwuchtabschaltung	4	4
F	10	automatische Verriegelung des Deckels während Betrieb	4	4
W	11	kurze Kabelführung	3	4
		<u>Fertigungstechn. Anforderungen</u>		
F	12	Gussgerechte Bauteile	4	4
		<u>Wirtschaftl. Anforderungen</u>		
F	13	Stückzahl	4	4
F	14	Herstellkosten	4	4
		<u>Mensch-Produkt-Anforderungen</u>		
		· <u>Betätigung & Benutzung</u>		
F	15	Überhitzungsschutz	4	4
W	16	mobiler Einsatz	3	2
W	17	bedienerfreundlicher Display	4	4
W	18	ergonomische Bedienung	4	4
W	19	stand-by-Modus	2	3
F	20	Benachrichtigung bei Fertigstellung	4	4
W	21	einfache und gründliche Reinigung	4	3
		· <u>Sichtbarkeit & Erkennbarkeit</u>		
W	22	Beleuchtung bei Dunkelheit	1	4
W	23	ansprechendes Design	3	4
W	24	Einsehbarkeit des Zentrifugen- innenbereichs	1	3
F	25	Laufzeiteinstellung	4	4

Berechnung der technischen Wertigkeit

$$W_t = \frac{\sum P_k}{\sum P_{id}}$$

Variante 1:

$$W_t = \frac{29}{40} = 0,73$$

Variante 2:

$$W_t = \frac{35}{40} = 0,88$$

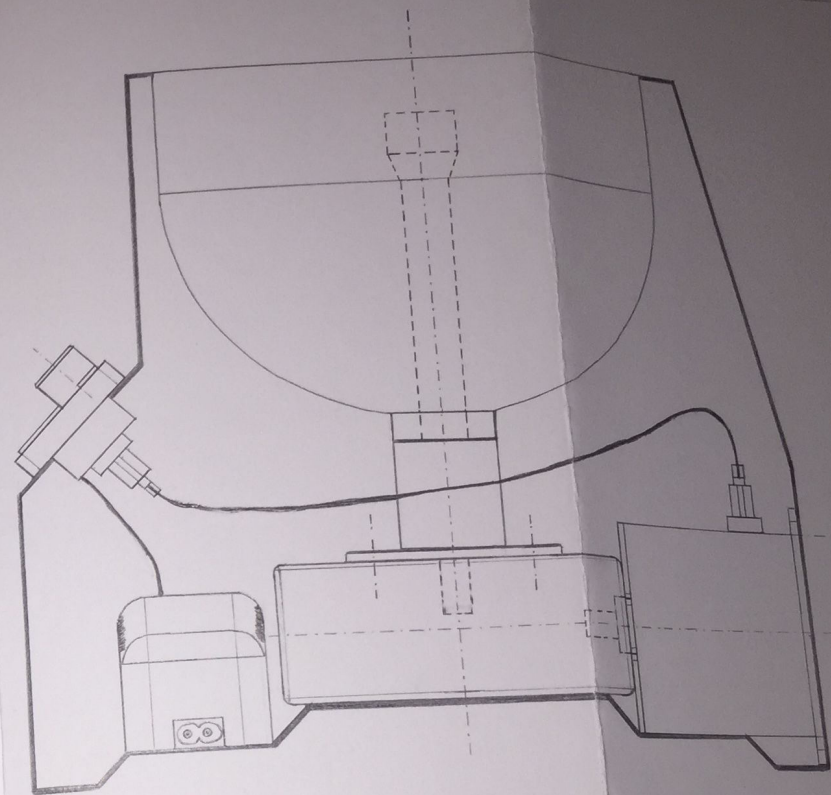
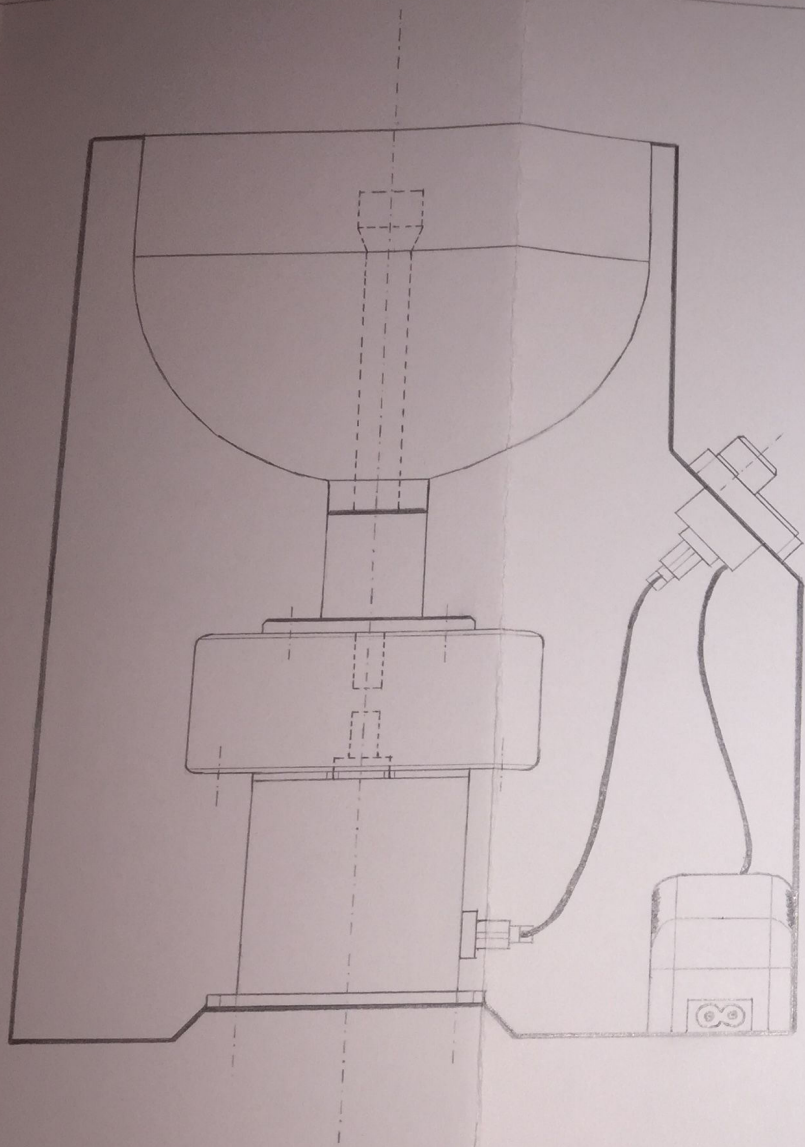
Bewertung

Meinen Berechnungen nach ist Variante 2 die Bessere, da die technische Wertigkeit um 0,15 über der von Variante 1 liegt.

Einen entscheidenden Unterschied bei der Bewertung macht die Tatsache aus, dass Variante 2 sowohl eine deutlich bessere Beleuchtung bei Dunkelheit als auch eine bessere Einsehbarkeit des Zentrifugeninnenbereichs aufweist.

Dafür lässt sich Variante 1 besser transportieren und leichter reinigen.

Alles in allem sind beide Varianten gute Lösungen, wobei sich Variante 1 noch punktuell verbessern lässt.



STICHPRO
Institut für K
Technisches D

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mK	Werkstückkanten ISO 13715	Maßstab 1:2	G
Verantwortliche Abtl. IKTD - TD	techn. Referenz IKTD - TD	Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. Haier	E R
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design		Dokumentenart Zusammenbauzeichnung	D H
		Titel, zusätzlicher Titel Konstruktionsübung 2 - Tischzentrifuge	S K An A

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mK	Werkstückkanten ISO 13715	G
Verantwortliche Abtl. IKTD - TD	techn. Referenz IKTD - TD	E R
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design		D H
		S K An A

KMT II, SS 2018

Konstruktionsübung 3 (KÜ 3): Berechnung einer Schweißkonstruktion

Zur Notaufnahme, in der ambulanten Behandlung sowie für die Intensivpflege werden Patiententransporter eingesetzt. Für die Benutzung eines mobilen C-Bogen Röntgensystems ist das Grundfahrgestell ebenfalls als C-Gestalt ausgeführt, damit der Bogen von der Seite eingefahren werden kann. Das gesamte Grundfahrgestell ist als Schweißkonstruktion auszuführen:

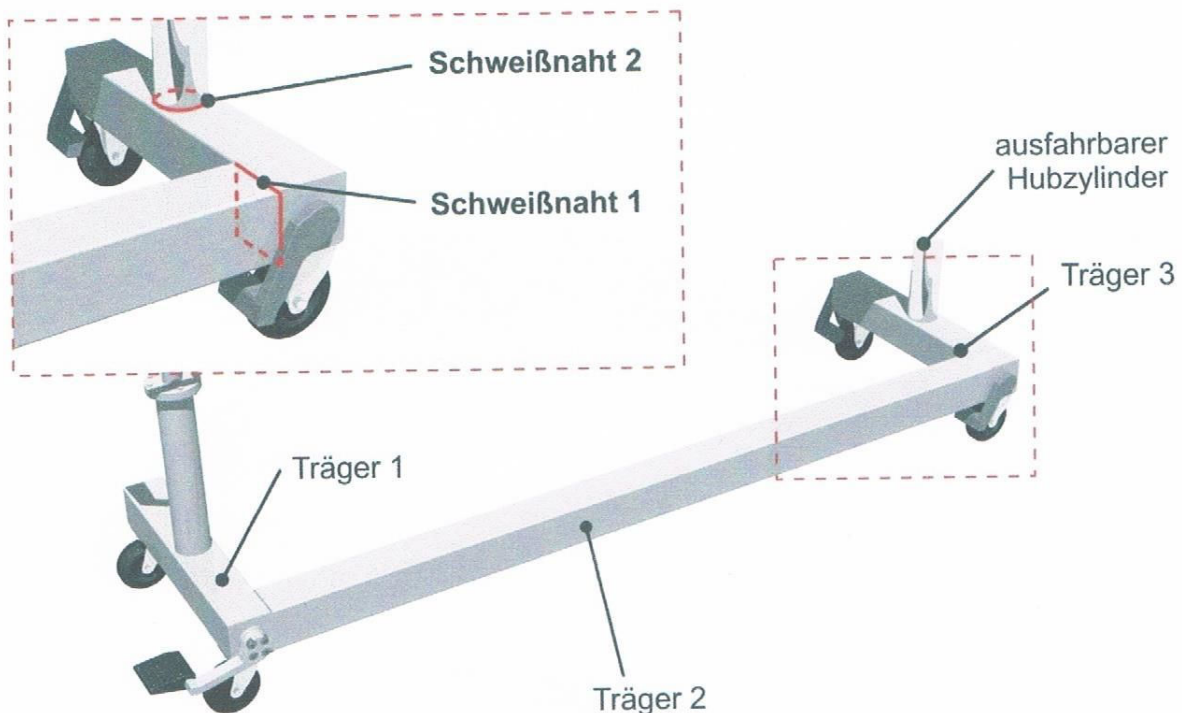


Bild 1: Untergestell des Patiententransportes

Aufgabenstellung:

Für das Grundfahrgestell soll ein Untergestell aus den vorgegebenen Profilen (siehe Normblätter auf Seite 4 und 5) konstruiert werden (Bild 1). Aus wirtschaftlichen Gründen soll das Untergestell kostengünstig aus möglichst leichten Profilen hergestellt werden.

Für die Auslegung der Träger und der Schweißverbindungen werden zwei Belastungsprüfungen angesetzt, welche der Beanspruchung während der Nutzung des Transporters nachempfunden sind.

Belastungsprüfung 1 (Schweißnaht 1 zwischen Träger 2 und 3): Eine **statische Prüfkraft F_1** belastet den Hubzylinder 1 wie dargestellt (Bild 2). **Träger 3** soll **fest eingespannt** sein, die Räder hängen frei in der Luft. Es sollen die Festigkeit der Träger 1 und 2, sowie die Belastung der Schweißnaht 1 überprüft werden. Als Schweißnaht 1 soll eine **Stumpfnah** verwendet werden, da die Kanten der verschweißten Träger aneinander anliegen. Da die innere Schweißnaht durch die beiden Träger schlecht zu erreichen ist, soll die Schweißnaht 1 zunächst als **U-Nah** ausgeführt werden, um so den Schweißaufwand zu reduzieren. **Hält die Schweißnaht 1 nicht**, soll sie **umlaufend** gestaltet werden.

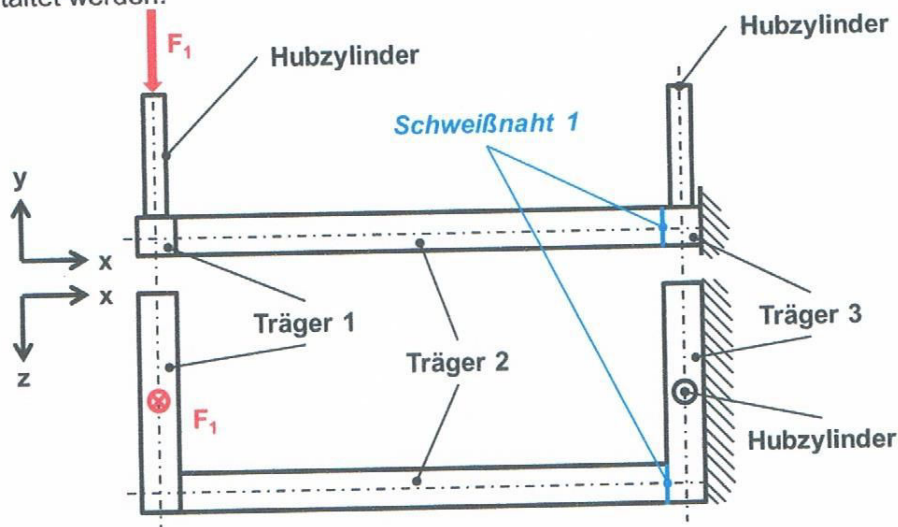


Bild 2: Prinzip Darstellung der Belastungsprüfung 1

Belastungsprüfung 2 (Schweißnaht 2 zwischen Träger 3 und Hubzylinder): Der Hubzylinder wird durch eine **horizontale und durch eine vertikale Prüfkraft** belastet (Bild 3). Träger 3 ist fest eingespannt. Der Hubzylinder soll auf seine **Festigkeit** und hinsichtlich der **Gefahr durch Ausknicken** überprüft werden. Weiter ist die **Schweißnaht 2** zu untersuchen. Die Bauteile sollen mithilfe einer **Kehlnah** verbunden sein, die um den Hubzylinder **umlaufend** ist.

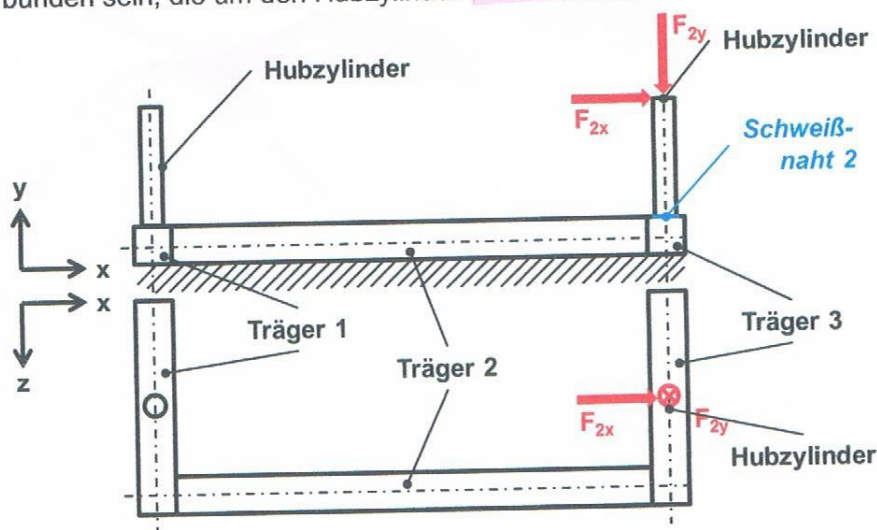


Bild 3: Prinzip Darstellung der Belastungsprüfung 2

Konstruktionsübung Nr. 3: Patiententransporter

Testat Nr. 1

Festigkeitsnachweis Träger 1 (Belastungsfall 1)

1. Ort der höchsten Beanspruchung ermitteln



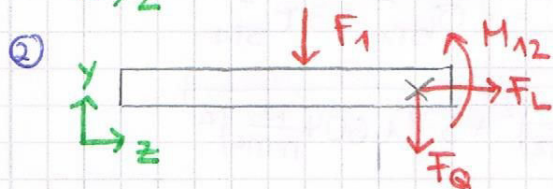
STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart

24. APR. 2018

Berechnung der Schnittkräfte am linken Schnittufer



$$\begin{aligned}\uparrow \sum V = 0 &: F_Q = 0 \\ \rightarrow \sum H = 0 &: F_L = 0 \\ \curvearrowright \sum M = 0 &: M = 0\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\uparrow \sum V = 0 &: -F_1 - F_Q = 0 \\ \rightarrow F_Q &= -F_1 = -3000 \text{ N} = -F_{12}\end{aligned}$$

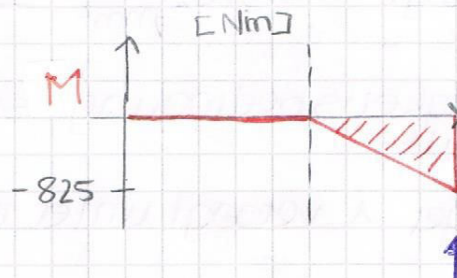
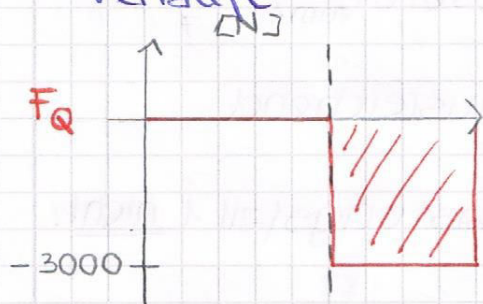
$$\rightarrow \sum H = 0: F_L = 0$$

$$\curvearrowright \sum M = 0: M_{12} + F_1 \cdot L_{T1n} = 0$$

es folgt: $L_{T1n} = \frac{L_{T1}}{2} - \frac{b_{T2}}{2} = \frac{650 \text{ mm}}{2} - \frac{100 \text{ mm}}{2}$
 $= 275 \text{ mm}$

$$\rightarrow M_{12} = -3000 \text{ N} \cdot 275 \text{ mm} = -825 \text{ Nm}$$

Verläufe



Ort der höchsten Beanspruchung:
Verbindung zu
Träger 2

2. & 3. Belastungsart bestimmen & Bauteil festlegen

relevante Belastungsarten an Träger 1 mit Hohlprofil
 EN 10210-2-S355 JOH - 100 x 100 x 5,0 sind

→ Schub und

→ Biegung

$$L_{T1} = 650 \text{ mm}$$

4. Ermittlung der Spannungen

• Schubspannung allg. $\tau_s = \frac{F}{A}$

$$\text{es folgt } \tau_{ST1} = \frac{F_1}{A_{T1}} = \frac{3000 \text{ N}}{1817 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 1,604 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Biegespannung allg. $\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$, wobei

$$M_{bT1} = F_1 \cdot L_{T1n}$$

$$\begin{aligned} \text{es folgt } \sigma_{bT1} &= \frac{F_1 \cdot L_{T1n}}{5519 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = \frac{3000 \text{ N} \cdot 275 \text{ mm}}{5519 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} \\ &= 14,758 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

5. entfällt $\rightarrow$ keine gleichartigen Spannungen

6. Vergleichsspannung

$$\begin{aligned} \sigma_{VT1} (\text{GEH}) &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma_{bT1}^2 + 3\tau_{ST1}^2} \\ &= \sqrt{\left(14,758 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(1,604 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2} \\ &= 15,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

7. Festigkeitsnachweis

$$\sigma_{VT1} \leq \sigma_{zulT1} \quad (\text{Rechnung gegen Fließen})$$

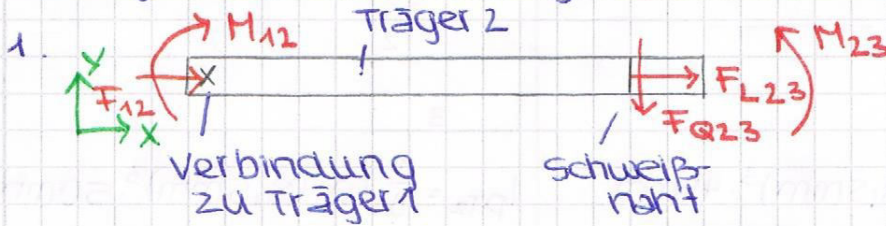
$$\sigma_{VT1} \leq \frac{R_e}{S_F} = \frac{355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,15}$$

$$\text{es folgt } 15,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 236,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

8. Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt.

Träger 1 versagt unter Belastungsfall 1 nicht.

Festigkeitsnachweis Träger 2 (Belastungsfall 1)



$$\uparrow \sum V = 0 : F_{Q23} = 0$$

$$\rightarrow \sum H = 0 : F_{12} + F_{L23} = 0$$

$$\rightarrow F_{L23} = -F_{12} = -3000 \text{ N}$$

$$\curvearrowright \sum M = 0 : M_{23} - M_{12} = 0$$

$$\rightarrow M_{23} = M_{12}$$

2. Belastungsart bestimmen

Träger 2 wird beim Belastungsfall 1 auf

- Schub
- Biegung und
- Torsion beansprucht.

Varia-
nte 1

3. Bauteil festlegen

wir untersuchen Träger 2 mit U-Profil DIN 1026 - U100 - S355 - J0H und $L_{T2} = 2000 \text{ mm}$

4. Ermittlung der Spannungen

• Schubspannung allg. $\tau_s = \frac{F}{A}$

$$\text{es folgt } \tau_{sT2} = \frac{F_{12}}{A_{T2}} = \frac{3000 \text{ N}}{13,5 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 2,122 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Biegespannung allg. $\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$, wobei

$$M_{bT2} = F_{12} \cdot L_{T2n}$$

$$\text{es folgt } L_{T2n} = L_{T2} + \frac{b_{T1}}{2} = 2050 \text{ mm}$$

$$\text{somit ist } \sigma_{bT2} = \frac{3000 \text{ N} \cdot 2050 \text{ mm}}{41,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 149,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Torsionsspannung allg. $\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$, wobei $M_{tT2} = M_{12}$

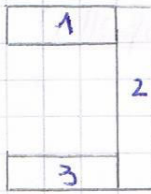
$$\text{es folgt } M_{tT2} = -F_1 \cdot L_{T1n} = -F_1 \cdot \left(\frac{L_{T1}}{2} - \frac{b_{T2}}{2} \right)$$

$$= -3000 \text{ N} \cdot 300 \text{ mm} = -900 \text{ Nm}$$

$$\text{es ist } W_t = \frac{I_{PT2}}{b_{\max}} \quad \text{mit } I_{PT2} = \frac{1}{3} (b_1^3 \cdot h_1 + b_2^3 \cdot h_2 + b_3^3 \cdot h_3)$$

→ Skript S.4.5

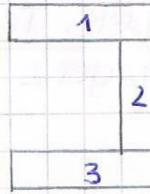
1. Möglichkeit



$$I_{PT2} = \frac{1}{3} (2 \cdot 18,5 \text{ mm})^3 \cdot 44 \text{ mm} + (6 \text{ mm})^3 \cdot 100 \text{ mm}$$
$$= 25\,214,33 \text{ mm}^4$$

$$\rightarrow W_{tT2} = \frac{I_{PT2}}{b_{\max}} = \frac{25\,214,33 \text{ mm}^4}{8,5 \text{ mm}}$$
$$= 2\,966,39 \text{ mm}^3$$

2. Möglichkeit



$$I_{PT2} = \frac{1}{3} (2 \cdot 8,5 \text{ mm})^3 \cdot 50 \text{ mm} + (6 \text{ mm})^3 \cdot 83 \text{ mm}$$
$$= 26\,446,83 \text{ mm}^4$$

$$\rightarrow W_{tT2} = \frac{26\,446,83 \text{ mm}^4}{8,5 \text{ mm}}$$
$$= 3\,111,39 \text{ mm}^3$$

weiterrechnen mit dem ungünstigeren Fall, d.h. der höheren Spannung: hier: die 1. Möglichkeit

$$\rightarrow \tau_{tT2} = \frac{M_{tT2}}{W_{tT2}} = \frac{900 \text{ Nm}}{2\,966,39 \text{ mm}^3} = 303,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

5. Gleichartige Spannungen

$$\tau_{T2} = \tau_{sT2} + \tau_{tT2} = 2,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 303,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 305,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

6. Vergleichsspannung

$$\sigma_{VT2} (\text{GEH}) = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma_{bT2}^2 + 3\tau_{T2}^2}$$
$$= \sqrt{\left(149,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2 + 3 \cdot \left(305,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)^2}$$
$$= 549,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7. Festigkeitsnachweis

$$\sigma_{VT2} \leq \sigma_{zulT2} \quad (\text{Rechnung gegen Fließen})$$

$$\sigma_{VT2} \leq \frac{355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5} = 236,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

8. Bauteil versagt, die Festigkeitsbedingung ist nicht ausreichend erfüllt.

→ es wird ein neues Profil gewählt

3. Bauteil festlegen

Varia-
nte 2

wir untersuchen Träger 2 mit Hohlprofil EN
10210-2-S355-JOH-100x100x6,3 und
 $L_{T2} = 2000 \text{ mm}$

4. Ermittlung der Spannungen

• Schubspannung allg. $\tau_s = \frac{F}{A}$

es folgt $\tau_{ST2} = \frac{F_{12}}{A_{T2}} = \frac{3000 \text{ N}}{23,2 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 1,29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

• Biegespannung allg. $\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$ wobei

$$M_{bT2} = F_{12} \cdot L_{T2}$$

$$\rightarrow \sigma_{bT2} = \frac{3000 \text{ N} \cdot 2000 \text{ mm}}{67,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 91,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Torsionsspannung allg. $\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$ wobei $M_{tT2} = M_{12}$

$$\rightarrow M_{tT2} = -F_1 \cdot \left(\frac{L_{T1}}{2} - \frac{b_{T2}}{2} \right) = -3000 \text{ N} \cdot 275 \text{ mm} = -825 \text{ Nm}$$

es ist $W_{tT2} = \frac{I_{PT2}}{b_{\max}}$

→ Berechnung des polaren
Trägheitsmoments mit
Hilfe der Bredtschen Formel
(S. 4.3)

$$\rightarrow I_{PT2} = \frac{4(bh)^2}{2 \left(\frac{b}{t_1} + \frac{h}{t_2} \right)} = \frac{4 \cdot (100 \text{ mm})^4}{2 \cdot \left(\frac{100 \text{ mm}}{6,3 \text{ mm}} + \frac{100 \text{ mm}}{6,3 \text{ mm}} \right)} = 6 \, 300 \, 000 \text{ mm}^4$$

$$\rightarrow W_{tT2} = \frac{6 \, 300 \, 000 \text{ mm}^4}{50 \text{ mm}} = 126 \, 000 \text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \tau_{T2} = \frac{M_{tT2}}{W_{tT2}} = \frac{825 \text{ Nm}}{126 \, 000 \text{ mm}^3} = 6,55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

5. Gleichartige Spannungen

$$\tau_{T2} = 1,29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 6,55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

6. Vergleichsspannung

$$\begin{aligned} \sigma_{VT2}(\text{GEH}) &= \sqrt{\sigma_{bT2}^2 + 3\tau_{T2}^2} = \sqrt{(91,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2 + 3 \cdot (7,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2} \\ &= 92,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

7. Festigkeitsnachweis

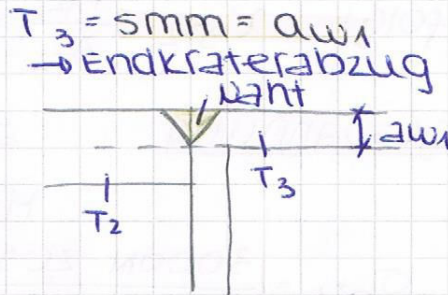
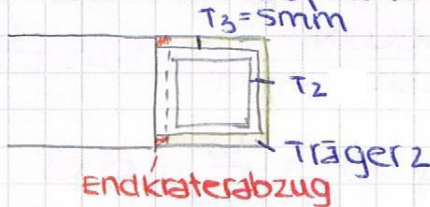
$$\sigma_{T2} \leq \sigma_{zulT2} \Rightarrow 92,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 236,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

8. Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt, Träger 2 mit Hohlprofil versagt unter Belastungsfall 1 nicht.

Berechnung der Schweißnaht 1 zwischen Träger 2 und 3 im Belastungsfall 1

Variante 1: stumpf naht als U-Naht

1. Nahtverlauf und Nahtabmessungen



2. wird auf
→ Schub
→ Biegung und
→ Torsion belastet

3. Belastungsfall: statisch

5. Schnittgrößen in der Schweißnaht
wir gehen beim Träger 2 vom Hohlprofil aus, da dieses nicht versagt hat

Vgl. Festigkeitsnachweis Träger 2

- Querkraft $F_Q = F_{12} = 3000 \text{ N}$
- Biegemoment

$$M_b = F_{12} \cdot L_{T2h} = 3000 \text{ N} \cdot 2050 \text{ mm} = 6150 \text{ Nm}$$

- Torsionsmoment $M_t = 825 \text{ Nm}$

6. Nennspannungen

• Schubspannung: $\tau_{sw1} = \frac{F_1}{A_{sw1}} = \frac{F_1}{a \cdot h}$

$$= \frac{3000 \text{ N}}{5 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}} = 6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Biegespannung: $\sigma_{bw1} = \frac{M_{bT2}}{W_{bw1}}$ mit $W_{bw1} = 2 \cdot \frac{I_{wx}}{h_{T2}}$

mit Steinerschem Satz: (kein Endkraterabzug!)

$$I_{wx} = \left(\frac{b_1 h_1^3}{12} + \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right)^2 \cdot (B - a) \cdot a \right) \cdot 2 + \frac{b_2 h_2^3}{12}$$

$$= \left(\frac{100 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm})^3}{12} + (47,5 \text{ mm})^2 \cdot 100 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \right) \cdot 2 + \frac{5 \text{ mm} \cdot (90 \text{ mm})^3}{12} = 2562083,33 \text{ mm}^4$$

es folgt $W_{bw1} = 2 \cdot \frac{I_{wx}}{h_{t2}} = 2 \cdot \frac{2\,562\,083,33 \text{ mm}^4}{100 \text{ mm}}$

$$= 51\,241,67 \text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \sigma_{bw1} = \frac{6\,150\,000 \text{ Nmm}}{51\,241,67 \text{ mm}^3} = 120,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Torsionsspannung allg $\tau_{tw1} = \frac{M_{t2}}{W_{tw1}}$
 wobei $W_{tw1} = \frac{I_{pw1}}{b_{\max}}$ und $I_{pw1} = \frac{1}{3}(b_1^3 \cdot h_1 + b_2^3 \cdot h_2 + b_3^3 \cdot h_3)$

$$\rightarrow I_{pw1} = \frac{1}{3}((5 \text{ mm})^3 \cdot 95 \text{ mm} \cdot 2 + (5 \text{ mm})^3 \cdot 100 \text{ mm})$$

$$= 12\,083,33 \text{ mm}^4$$

$$\rightarrow W_{tw1} = \frac{12\,083,33 \text{ mm}^4}{5 \text{ mm}} = 2\,416,67 \text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \tau_{tw1} = \frac{825 \text{ Nm}}{2\,416,67 \text{ mm}^3} = 341,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Beiwerte für Stumpfnahte:

$$v_{s1} = 0,8 \text{ (Schub)} \quad ; \quad v_{b1} = 1,0 \text{ (Biegung)}$$

$$v_2 = 0,8 \div 1,0 \text{ (Güte der Schweißnähte nachgewiesen)}$$

normal nimmt man deshalb $v_2 = 1,0$

7. Vergleichsspannung

$$\sigma_{vw1} = \sqrt{(\sigma_{bw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{b1}})^2 + 1,18 \cdot (\tau_{sw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}} + \tau_{tw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}})^2}$$

$$= \sqrt{(.120,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{0,8}{1})^2 + 1,18 \cdot (6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1,0}{1,0} + 341,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1,0}{1,0})^2}$$

$$= 475,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

hier: vorherrschender Spannungszustand Torsion $v_{x1} = 0,8$

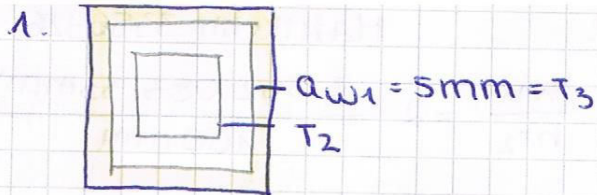
10. Festigkeitsnachweis

$$\sigma_{vw1} \leq \sigma_{zulw1} = v_{x1} \cdot v_2 \cdot \frac{R_e}{s_F} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot \frac{355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,15}$$

$$= 170,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

11. Festigkeitsbedingung nicht ausreichend erfüllt,
 die Schweißnaht versagt

Variante 2
umlauf-
ende Schwei-
ßnaht



2. Belastungsart
→ Schub
→ Biegung
→ Torsion

3. Belastungsfall: statisch

5. Schnittgrößen der Schweißnaht wie bei U-Naht

6. Nennspannungen

• Schubspannung $\tau_{sw1} = \frac{F_1}{A_{sw1}} = \frac{F_1}{2 \cdot a \cdot h} = \frac{3000 \text{ N}}{2 \cdot 5 \cdot 10 \text{ mm}^2}$
 $= 3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

• Biegespannung $\sigma_{bw1} = \frac{M \cdot r_2}{W_{bw1}}$
 $\rightarrow I_{w1} = \frac{(b+2 \cdot a) \cdot (h+2a)^3 - b \cdot h^3}{12}$
 $= \frac{(100 \text{ mm})^4 - (90 \text{ mm})^4}{12} = 2 \, 865 \, 833,33 \text{ mm}^4$

$\rightarrow W_{bw1} = \frac{2 \cdot I_{w1}}{h+2 \cdot a} = \frac{2 \cdot I_{w1}}{100 \text{ mm}} = 57 \, 316,67 \text{ mm}^3$

$\rightarrow \sigma_{bw1} = \frac{6 \, 150 \, 000 \text{ Nmm}}{57 \, 316,67 \text{ mm}^3} = 107,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

• Torsionsspannung $\tau_{tw1} = \frac{M \cdot r_2}{W_{tw1}}$

mit der Bredtschen Formel (11.6.2.2)

$\rightarrow A_m = (h+a) \cdot (b+a) = (95 \text{ mm})^2 = 9 \, 025 \text{ mm}^2$

$\rightarrow W_{tw1} = 2 \cdot A_m \cdot a = 10 \text{ mm} \cdot 9 \, 025 \text{ mm}^2 = 90 \, 250 \text{ mm}^3$

$\rightarrow \tau_{tw1} = \frac{825 \, 000 \text{ Nmm}}{90 \, 250 \text{ mm}^3} = 9,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

7. Vergleichsspannung (analog zu Variante 1)

vorherrschender Spannungszustand Biegung: $\nu_{x1} = 1,0$

$\sigma_{vw1} = \sqrt{\left(107,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1,0}{1,0}\right)^2 + 1,8 \cdot \left(3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1,0}{0,8} + 9,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{1,0}{0,8}\right)^2}$
 $= 109,21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

10. Festigkeitsnachweis

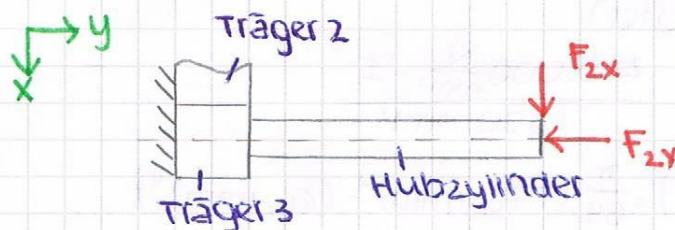
$\sigma_{vw1} \leq \sigma_{zulw1} = \nu_{x1} \cdot \nu_{z1} \cdot \frac{R_e}{S_F} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot \frac{355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5}$
 $= 213 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$\rightarrow 109,21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 213 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

FB ist ausreichend erfüllt, die Schweißnaht versagt unter Belastungsfall 1 nicht.

Konstruktionsübung Nr. 3: PatiententransporterTestat Nr. 2Festigkeitsnachweis des Hubzylinders im Belastungsfall 2

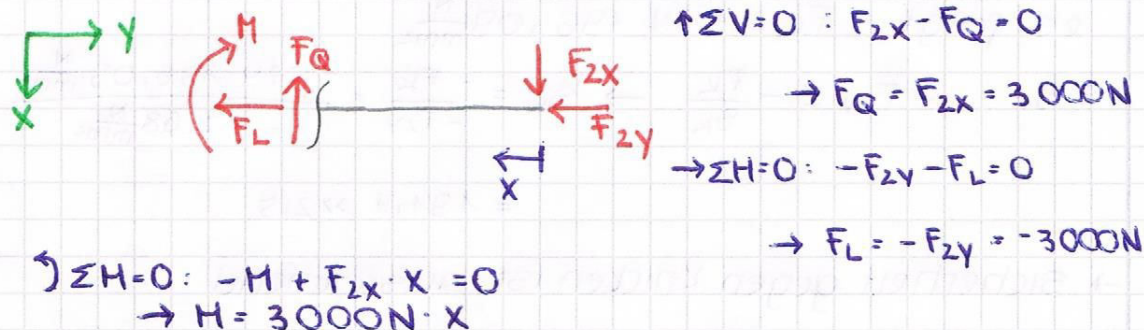
1. Ort der höchsten Belastung



STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart

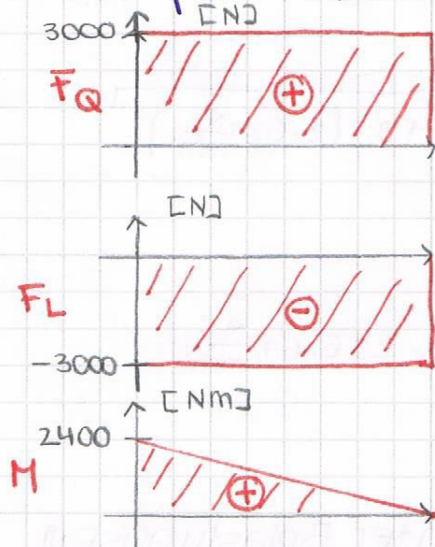
24. APR. 2018

Verläufe der inneren Beanspruchungen



für $x = 0 : M = 0$

für $x = 800 \text{ mm} : 3000 \text{ N} \cdot 800 \text{ mm} = 2400 \text{ Nm}$



2. Belastungsart

wird auf $\rightarrow$ Schub
 $\rightarrow$ Biegung und
 $\rightarrow$ Druck

beansprucht

3. Bauteil festlegen

Wir untersuchen den Hub-
zylinder mit Rundprofil
EN 10210-2-S355 J0H
-76,1 x 5,0 und $L_H = 800 \text{ mm}$

4. Ermittlung der Spannungen

• Schubspannung allg. $\tau_s = \frac{F_{2x}}{A} = \frac{3000 \text{ N}}{1112 \cdot 10^2 \cdot \text{mm}^2}$
 $= 2,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

• Biegespannung allg. $\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{2400 \text{ Nm}}{1816 \cdot 10^3 \text{ mm}^3}$
 $= 129,103 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

• Druckspannung allg. $\sigma_d = - \frac{F_{zy}}{A}$

$$= \frac{-3000 \text{ N}}{1112 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2}$$

$$= -2168 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Untersuchung auf Knicken

Knickfall 1 (nach Euler)

$$F_k = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{E \cdot I}{l^2} = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{210\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot I}{(800 \text{ mm})^2}$$

wobei $I = \frac{\pi}{64} (d_a^4 - d_i^4) = \frac{\pi}{64} (776,1 \text{ mm})^4 - (66,1 \text{ mm})^4$

$$= 709\,220,3 \text{ mm}^4$$

es folgt $F_k = 574\,196,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

FB: $-F_{zy} \leq -\frac{F_k}{S_k} \rightarrow S_k = \frac{-F_k}{-F_{zy}} = \frac{-574\,196,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{-3000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$

$$= 191,4 \gg 2,5$$

→ Sicherheit gegen Knicken ist ausreichend

5. Gleichartige Spannungen

$$\sigma = \sigma_b + |\sigma_d| = 129,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 2168 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 131,71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

6. Vergleichsspannung

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(131,71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2 + 3 \cdot (2168 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})^2}$$

$$= 131,79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7. Festigkeitsnachweis

$$\sigma_v \leq \sigma_{zul} = \frac{R_e}{S_F} = \frac{355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5} = 236,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

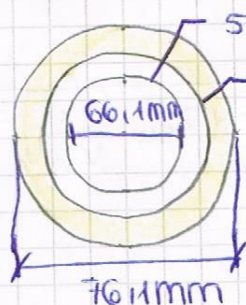
$$\rightarrow 131,79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 236,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Hubzylinder versagt unter Belastungsfall 2 nicht, denn die Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt.

Berechnung der Schweißnaht 2 zwischen Träger 3

und Hubzylinder im Belastungsfall 2

1. Nahtverlauf und Nahtabmessungen



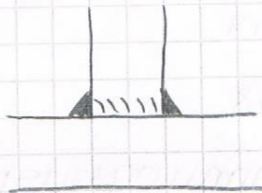
3,5 mm = a, denn es handelt sich um eine umlaufende Kehlnaht, d.h.

$$a_{\max} = 0,7 \cdot 5 \text{ mm} = 3,5 \text{ mm}$$

$$= 0,7 \cdot 5 \text{ mm}$$

2. Belastungsart

- Schub
- Biegung
- Druck



3. Belastungsfall

statisch

5. Schnittgrößen in der Schweißnaht

→ Ergebnisse aus 1. Teilaufgabe

- $F_Q = 3000 \text{ N}$
- $F_L = -3000 \text{ N}$
- $M = 2400 \text{ Nm}$

6. Nennspannungen ermitteln

• Schubspannung allg. $\tau_{sw2} = \frac{F_Q}{A_{sw2}}$

wobei $A_{sw2} = \frac{\pi}{2} \cdot a \cdot (d_a + a)$ (→ 11.6.2.2)

$$= \frac{\pi}{2} \cdot 3,5 \text{ mm} \cdot (76,1 \text{ mm} + 3,5 \text{ mm})$$

$$= 437,63 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow \tau_{sw2} = \frac{3000 \text{ N}}{437,63 \text{ mm}^2} = 6,86 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Biegespannung allg. $\sigma_{bw} = \frac{M_b}{W_{bw2}}$

wobei $W_{bw2} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d_a + 2 \cdot a)^4 - d_a^4}{d_a + 2 \cdot a}$

$$= \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(76,1 \text{ mm} + 7 \text{ mm})^4 - (76,1 \text{ mm})^4}{76,1 \text{ mm} + 7 \text{ mm}}$$

$$= 16716,1 \text{ mm}^3$$

$$\rightarrow \sigma_{bw2} = \frac{2400 \text{ Nm}}{16716,1 \text{ mm}^3} = 143,57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Druckspannung allg $\sigma_d = \frac{-F_L}{A_{W2}}$

$$\rightarrow \sigma_d = \frac{-F_L}{\pi \cdot a \cdot (d_a + a)} = \frac{-3000 \text{ N}}{\pi \cdot 3,5 \text{ mm} \cdot (76,1 \text{ mm} + 3,5 \text{ mm})}$$
$$= 3,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7. Vergleichsspannung

$$\sigma_{W2} = \sqrt{\left(\sigma_{bw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{b1}} + \sigma_{dw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{d1}} \right)^2 + 1,8 \left(\tau_{sw} \cdot \frac{v_{x1}}{v_{s1}} \right)^2}$$

Beiwerte: $v_{b1} = 0,8$

$$v_{d1} = 0,8$$

$$v_{s1} = 0,8$$

vorherrschender Spannungszustand: Biegung

$$\rightarrow \sigma_{W2} = \sqrt{\left(143,57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 3,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)^2 + 1,8 \cdot \left(6,86 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)^2}$$
$$= 147,29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

8. Werkstoff S355 $\rightarrow R_e = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

9. $S_F = 1,5$

10. Festigkeitsnachweis

$$\sigma_{W2} \leq \sigma_{zul} = v_{x1} \cdot v_2 \cdot \frac{R_e}{S_F} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot \frac{355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,5}$$
$$= 189,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\rightarrow 147,29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 189,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$\rightarrow$ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt, die Schweißnaht versagt unter Belastungsfall 2 nicht

A-A

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktions- und
Technisches Design - Universität Stuttgart

24. APR. 2018

a 3,5

Y 1:1

a 5

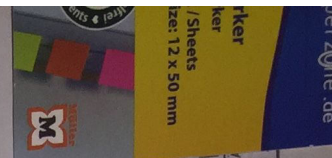
A

Z 1:1

a 5

Z

a 3,5



Maßstab	1:5
Genehmigt von	Prof. Dr.-Ing. Haier
Dokumentenart	Zusammenbauzeichnung
Titel, zusätzlicher Titel	Konstruktionsübung 3 - Patiententransporter (untergestellt)
Werkstückanten	ISO 13745
Techn. Referenz	IKTD-MJ
Verantwortliche Abtl.	IKTD-TD
IKTD	Institut für Konstruktions- und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design

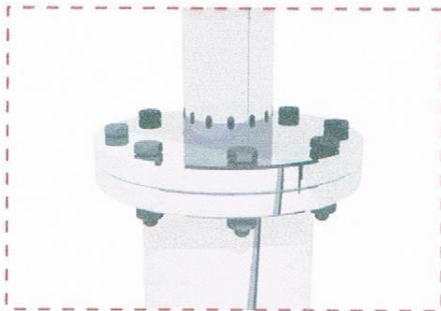
Pos	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/ Norm-Kurz- Bezeichnung	Bemerkung
1	2	Stk	Träger/ Hohlprofil	EN 10210-2- S355 J0H	100 x 100 x 5,0
2	1	Stk	Träger/ Hohlprofil	EN 10210-2- S355 J0H	100 x 100 x 6,3
3	2	Stk	Hubzylinder/ Rundprofil	EN 10210-2- S355 J0H	76,1 x 5,0



KMT II SS 2018

Konstruktionsübung 4 (KÜ 4): Schraubenberechnung

Hubzylinderverschraubung



Bremspedalverschraubung

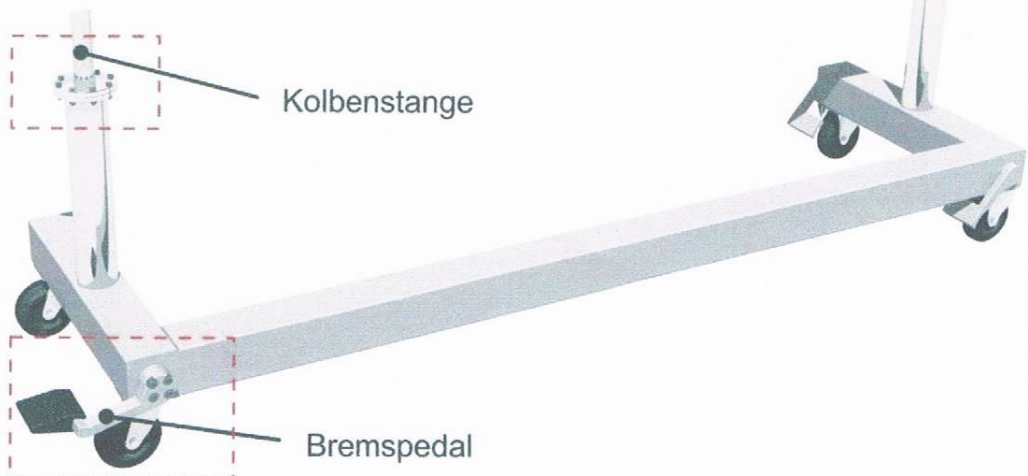
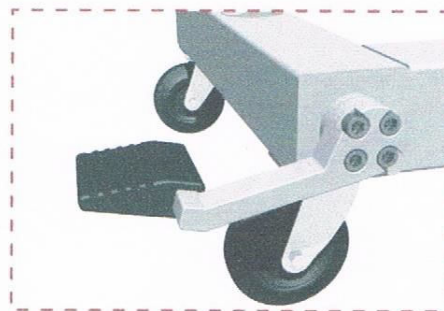


Bild 1: Patiententransporter

Hubzylinderverschraubung:

Der ausfahrbare Hubzylinder besteht aus drei Einzelteilen (Hubzylindergehäuse, -deckel und Kolbenstange). Gehäuse und Deckel sollen miteinander verschraubt werden (siehe Bild 1). Ein zwischen Gehäuse und Deckel eingelegter Elastomer-O-Ring dichtet den Hubzylinder ab.

Bremspedalverschraubung:

Aus Fertigungs- und Montagegründen werden Bremspedal und Bremswelle als zwei geteilte Komponenten ausgeführt. Diese sollen miteinander verschraubt werden (siehe Bild 1).

Konstruktionsübung 4: PatiententransporterTestat 1STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technische Geometrie Universität StuttgartHubzylinderverschraubung

Verschraubungsfall prüfen

29. MAI 2018

→ Verschraubungsfall A (F_B als Längskraft
+ F_{kl} (Bichtungskraft))1. Berechnung der Betriebskraft pro Schraube

äußere Kräfte und Momente:

$$F_{\max} = p_{\max} \cdot A \quad \text{mit } A = \pi \cdot \frac{d_i^2}{4} = \pi \cdot \frac{(66,1 \text{ mm})^2}{4}$$

$$\text{d.h. } F_{\max} = 2,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot \frac{(66,1 \text{ mm})^2}{4}$$

$$= 8\,235,77 \text{ N}$$

$$F_{B\max} = \frac{F_{\max}}{z} = \frac{8\,235,77 \text{ N}}{8} = 1\,029,47 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{B\max} = F_B$$

$$F_{\min} = p_{\min} \cdot A = 0,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot \frac{(66,1 \text{ mm})^2}{4} = 343,16 \text{ N}$$

$$F_{B\min} = \frac{F_{\min}}{z} = \frac{343,16 \text{ N}}{8} = 42,89 \text{ N}$$

2. Vorauswahl der SchraubenM6 x 30 - 5.6 mit $L_k = 20 \text{ mm}$ und $z = 8$.3. Erforderliche Montagevorspannkraft

$$F_{VM} = K_A \cdot (F_{kl} + F_B(1 - \Phi) + F_z)$$

→ Anziehfaktor $K_A = 1,6$ → Klemmkraft F_{kl} :

Vorpressung des O-Rings

$$p = \frac{F}{A} \rightarrow p_{OV} = \frac{F_v}{\pi \cdot b \cdot d} \quad \text{wobei } d = d_1 + d_2$$

$$= (74 + 3) \text{ mm}$$

$$= 77 \text{ mm}$$

außerdem $b = 1,9 \text{ mm}$

es folgt:

$$\underline{F_y} = P_{ov} \cdot \pi \cdot b \cdot d = 21,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 1,9 \text{ mm} \cdot 77 \text{ mm} \\ = 1057,11 \text{ N}$$

$$\rightarrow \underline{F_{kl}} = \frac{F_y}{z} = \frac{1057,11 \text{ N}}{8} = \underline{132,14 \text{ N}}$$

→ Setzkraft / Vorspannkraftverlust F_z :

$$F_z = \frac{f_z}{\delta_s + \delta_T}$$

1) Setzbetrag f_z

$$\underline{f_z} = 3,29 \cdot \left(\frac{L_k}{d} \right)^{0,34} \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

$$= 3,29 \cdot \left(\frac{20 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} \right)^{0,34} \cdot 10^{-3} \text{ mm} = \underline{4,95 \cdot 10^{-3} \text{ mm}}$$

2) Nachgiebigkeit der Schraube δ_s

$$\text{allg. } \delta_s = \delta_k + \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_G + \delta_M \quad \text{mit } \delta = \frac{e}{E \cdot A}$$

$$\text{konkret: } \delta_s = \frac{1}{E_s} \cdot \left(\frac{0,14d}{A_N} + \frac{L_1}{A_1} + \frac{L_2}{A_2} + \frac{0,5d}{A_{d3}} + \frac{0,14d}{A_N} \right)$$

$$\text{wobei } A_N = A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \pi \cdot \frac{(6 \text{ mm})^2}{4} = 28,27 \text{ mm}^2$$

$$A_{d3} = A_2 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \pi \cdot \frac{(4,773 \text{ mm})^2}{4} = 17,89 \text{ mm}^2$$

$$\text{und } L_1 = L - b_1 = 30 \text{ mm} - 18 \text{ mm} = 12 \text{ mm}$$

$$L_2 = L_k - L_1 = 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} = 8 \text{ mm}, \quad E_s = 210 \text{ GPa} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

es folgt durch Einsetzen:

$$\underline{\delta_s = 5,76 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}}$$

3) Nachgiebigkeit der Teile δ_T :

$$\delta_T = \frac{L_k}{A_{ers} \cdot E_T} \quad \text{mit } A_{ers} = \frac{\pi}{4} (d_w^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} d_w (D_A - d_w) \cdot ((x+1)^2 - 1))$$

$$\text{wobei } d_w = 10 \text{ mm}$$

$$d_h = 6,16 \text{ mm}$$

$$D_A = D_p - d_s = 120 \text{ mm} - 100 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{und } x = \frac{3 \sqrt{L_k \cdot d_w}}{D_A^2} = \frac{3 \sqrt{20 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}}}{(20 \text{ mm})^2} = 0,17937$$

Bedingung für Aers: $d_W \leq D_A \leq d_W + L_k$
 $10 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm}$

es folgt $A_{\text{ers}} = 131,403 \text{ mm}^2$

→ $\delta_T = \frac{20 \text{ mm}}{131,403 \text{ mm}^2 \cdot 200\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 7,61 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$

es folgt

$F_z = \frac{4,95 \cdot 10^{-3} \text{ mm}}{5,76 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} + 7,61 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 759,09 \text{ N}$

→ Kraftverhältnis Φ :

$\Phi = n \cdot \Phi_k$ wobei $\Phi_k = \frac{\delta_T}{\delta_S + \delta_T} = 0,1167$

es folgt $\Phi = 0,15 \cdot 0,1167 = 0,0583$

⇒ es folgt

$F_{VM} = 1,6 \cdot (132,14 \text{ N} + 1029,47 \text{ N} \cdot (1 - 0,0583) + 759,09 \text{ N})$
 $= 2\,977,09 \text{ N}$

→ Überprüfung:

FB: $F_{VM} \leq F_{\text{SpS.6}}$ wobei $F_{\text{SpS.6}} = \frac{F_{\text{Sp.8.8}} \cdot R_{\text{eS.6}}}{R_{\text{e8.8}}}$
 $= \frac{10,2 \text{ kN} \cdot 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$

d.h. $2\,977,09 \text{ N} \leq 4\,781,25 \text{ N}$

→ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt,
 Sicherheit gegen Versagen ist ausreichend

4. Erforderliches Anziehmoment M_A

$M_A = F_{VM} \cdot (0,159 \cdot p + M_{\text{ges}} \cdot (0,577 \cdot d_2 + \frac{d_k}{2}))$

wobei $p=1$
 $M_{\text{ges}} = 0,12$

$d_2 = 5,35 \text{ mm}$

$\frac{d_k}{2} = \frac{d_W + d_h}{4} = \frac{16,6 \text{ mm}}{4} = 4,15 \text{ mm}$

durch Einsetzen ergibt sich:

$M_A = 3\,058,76 \text{ Nmm}$

→ Überprüfung:

$$\text{FB: } M_A \leq M_{\text{Sp.5.6}} \text{ wobei } M_{\text{Sp.5.6}} = \frac{M_{\text{Sp.8.8}} \cdot R_{\text{e5.6}}}{R_{\text{e8.8}}} \\ = \frac{10,1 \text{ Nm} \cdot 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{610 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\text{d.h. } 3\,058,76 \text{ Nmm} \leq 4\,734,38 \text{ Nmm}$$

→ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt,
Sicherheit gegen Versagen ist ausreichend

5. Überprüfung der Schraube

$$\text{FB: } \sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_M^2 + 3\tau_t^2} \leq 0,9 R_{\text{p0,2}}$$

$$\sigma_M = \frac{F_{\text{VM}} + F_{\text{BS}}}{A_s} \quad \text{und } F_{\text{BS}} = \Phi \cdot F_B$$

$$\rightarrow \sigma_M = \frac{F_{\text{VM}} + \Phi \cdot F_B}{A_s} = \frac{2\,977,09 \text{ N} + 0,0583 \cdot 102\,914,7 \text{ N}}{20,1 \text{ mm}^2} \\ = 151,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_t = \frac{M_G}{W_t} = \frac{F_{\text{VM}} \cdot (0,159 p + 0,577 \cdot n_{\text{ges}} \cdot D_2)}{\pi \cdot \frac{d_3^3}{16}}$$

$$\text{mit } D_2 = 5,35 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \tau_t = \frac{1576,17 \text{ Nmm}}{21,35 \text{ mm}^3} = 73,83 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{es folgt } \sigma_{\text{red}} = 197,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{FB: } \sigma_{\text{red}} \leq 0,9 R_{\text{p0,2}} = 0,9 \cdot 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,6 = 270 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{d.h. } 197,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 270 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

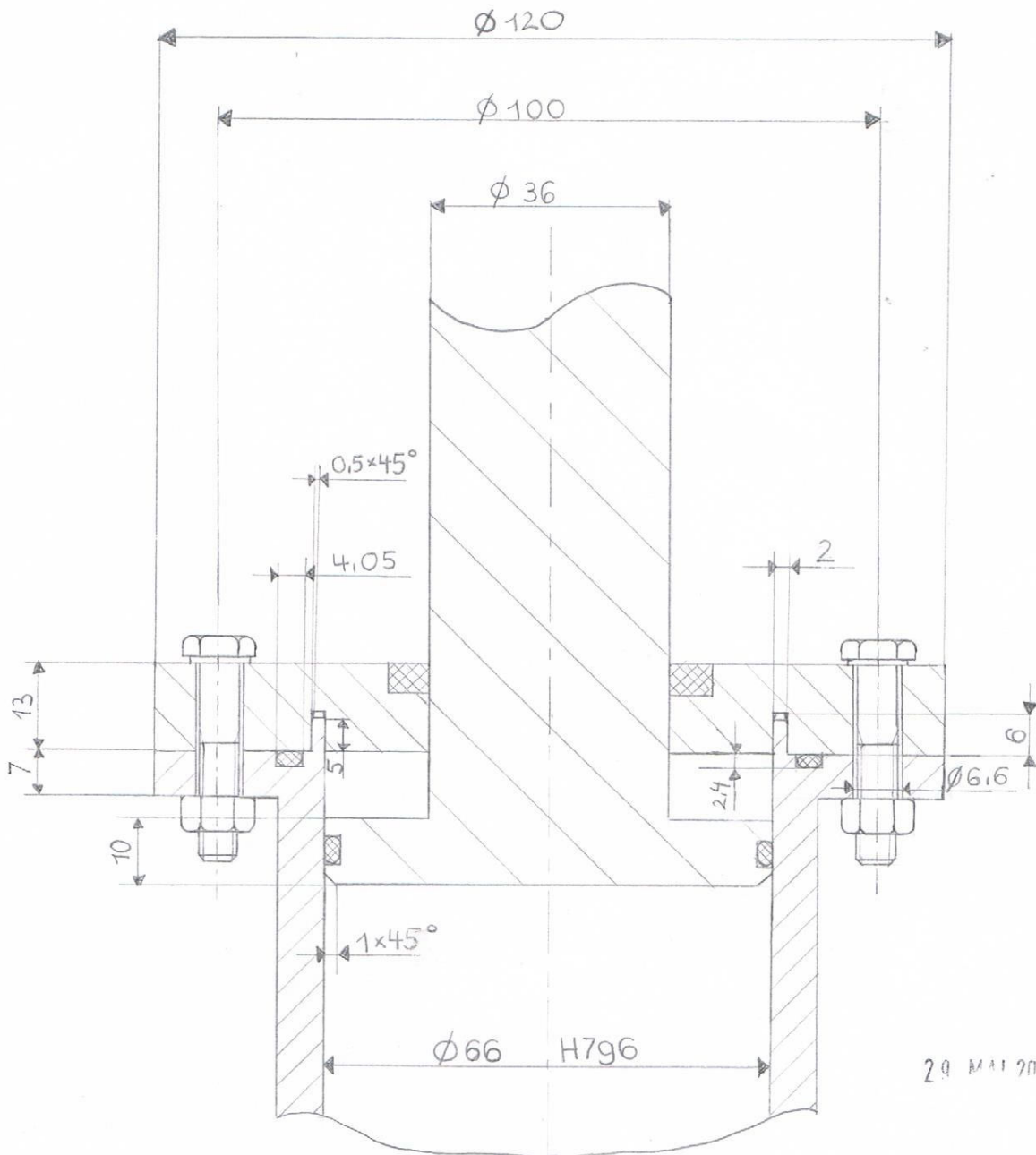
→ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt
→ sicher

6. Überprüfung der Flächenpressung unter dem Schraubenkopf

$$p_A = \frac{F_{\text{smax}}}{A_p} = \frac{F_{\text{Sp.5.6}} + \Phi \cdot F_B}{\frac{\pi}{4} (d_w^2 - d_h^2)} = \frac{4\,781,25 \text{ N} + 0,0583 \cdot 102\,914,7 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((10 \text{ mm})^2 - (6,6 \text{ mm})^2)} \\ = \frac{4\,841,27 \text{ N}}{44,33 \text{ mm}^2} = 109,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{FB: } p_A \leq p_G \quad \text{d.h. } 109,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 210 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ FB ausreichend erfüllt, sicher!



29. Mai 2018

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design - Universität Stuttgart

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mk	Werkstückkanten ISO 13715	Maßstab 1:1	Gewicht 10KG
Verantwortliche Abtl. IKTD-TD	techn. Referenz IKTD-MJ	Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. Maier	in Bearbeitung
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design		Dokumentenart Zusammenbauzeichnung	
		Titel, zusätzlicher Titel Konstruktionsübung 4 - Hubzylinder- schraubung	Sachnummer KÜ4_GDM/MAK/KHT-5518
		Änd. A	Ausgabedatum 08.05.18 Spr. de Blatt 1/1

Konstruktionsübung 4: Patiententransporter

Testat 2

Bremspedalverschraubung

Verschraubungsfall prüfen

→ Verschraubungsfall D (F_Q als Querkraft)

1. Berechnung der erforderlichen Klemmkraft

Längskraft

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

$$F_{KL} = \frac{F_Q}{\mu_0} \quad \text{wobei } F_Q = \frac{F_u}{z} \quad \text{mit } F_u = M_t \cdot \frac{z}{d_s} \quad \text{Lochkreis } \phi \text{ d. Schrauben}$$

Klemmkraft μ_0 gleitfest

$$\text{und } M_t = F_{\max} \cdot l_B$$

$$\text{d.h. } F_Q = \frac{F_{\max} \cdot l_B \cdot \frac{z}{d_s}}{z} = \frac{1700 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm} \cdot \frac{2}{40 \text{ mm}}}{4}$$

$$= 4250 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{KL} = \frac{4250 \text{ N}}{0,15} = 28333,33 \text{ N}$$

20. MAI 2010

2. Vorauswahl der Schrauben

M12 x 40 - 10.9 mit $z=4$

3. Erforderliche Montagevorspannkraft

→ Anziehfaktor $K_A = 1,16$

→ Klemmkraft $F_{KL} = 28333,33 \text{ N}$

→ Setzkraft / Vorspannkraftverlust F_z

1) Setzbetrag F_z :

$$f_z = 3,29 \cdot \left(\frac{l_f}{d} \right)^{0,134} \cdot 10^{-3} \text{ mm} = 3,29 \cdot \left(\frac{19 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} \right)^{0,134} \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

Klemmlänge

$$= 3,846 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

2) Nachgiebigkeit der Schraube δ_s :

$$\delta_s = \frac{1}{E_s} \cdot \left(\frac{0,1+d}{A_N} + \frac{l_1}{A_1} + \frac{l_2}{A_2} + \frac{0,15d}{A_{d3}} + \frac{0,1+d}{A_N} \right)$$

E-Modul

$$\text{wobei } A_N = A_1 = \pi \cdot \frac{(12 \text{ mm})^2}{4} = 113,097 \text{ mm}^2$$

Nennquerschnitt Schraubenschaft

$$A_{d3} = A_2 = \pi \cdot \frac{d_s^2}{4} = \pi \cdot \frac{(9,853 \text{ mm})^2}{4} = 76,25 \text{ mm}^2$$

Querschnitt des nicht eingewindenen Gewindes

$$\text{und } l_1 = l - b_1 = 40 \text{ mm} - 36 \text{ mm} = 4 \text{ mm}$$

Gewindelänge

$$l_2 = l_k - l_1 = 19 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 15 \text{ mm}, E_s = 210 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

es folgt $\delta_s = 1,8841 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$

3) Nachgiebigkeit der Teile δ_T

$$\delta_T = \frac{L_K}{A_{KS} \cdot E_T}$$

mit $A_{KS} = \frac{\pi}{4} (d_w^2 - d_n^2) + \frac{\pi}{8} d_w (D_A - d_w)((\lambda+1)^2 - 1)$

d_w Außendurchmesser
 d_n Außendurchmesser des Nut
 D_A Außendurchmesser der Spannteile
 λ Verhältnis von Nuttiefe zu Nutbreite

wobei $d_w = 18 \text{ mm}$

$d_n = 13,5 \text{ mm}$

$D_A = D_p - d_s = 60 \text{ mm} - 40 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$

und $\lambda = \frac{3 \sqrt{L_K \cdot d_w}}{D_A^2} = \frac{3 \sqrt{19 \text{ mm} \cdot 18 \text{ mm}}}{(20 \text{ mm})^2} = 0,9491$

Bedingung für A_{KS} : $d_w \leq D_A \leq d_w + L_K$

$18 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} \leq 37 \text{ mm}$

es folgt $A_{KS} = 150,9 \text{ mm}^2$

$\rightarrow \delta_T = \frac{19 \text{ mm}}{150,9 \text{ mm}^2 \cdot 220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 5,723 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$

$\Rightarrow F_z = \frac{3,846 \cdot 10^{-3} \text{ mm}}{1,8841 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} + 5,723 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 1565,71 \text{ N}$

$\rightarrow$ Kraftverhältnis Φ :

$\Phi = n \cdot \Phi_K$ wobei $\Phi_K = \frac{\delta_T}{\delta_s + \delta_T} = 0,12330$

$\rightarrow F_{VM} = k_A \cdot (F_K + F_B \cdot (1 - \Phi) + F_z)$

$= 1,6 \cdot (28333,33 \text{ N} + 1565,71 \text{ N})$

$= 47838,46 \text{ N}$

$\rightarrow$ Überprüfung

$F_B: F_{VM} = F_{sp10.9} = 63300 \text{ N}$

d.h. $47838,46 \text{ N} \leq 63300 \text{ N}$

$\rightarrow$ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt, Sicherheit gegen Versagen ist ausreichend

4. Erforderliches Anziehungsmoment M_A

$$M_A = F_{VM} \cdot (0,159 \cdot p + \gamma_{ges} \cdot (0,577 \cdot d_2 + \frac{d_k}{2}))$$

mit $\gamma_{ges} = 0,12$

$p = 1,75$ - Steigung

$d_2 = 10,863 \text{ mm}$ - Flanken ϕ

$$\frac{d_k}{2} = \frac{d_w + d_h}{4} = \frac{18 \text{ mm} + 13,5 \text{ mm}}{4} = 7,875 \text{ mm}$$

durch Einsetzen ergibt sich:

$$M_A = 9 + 500,29 \text{ Nmm}$$

→ Überprüfung:

$$FB: M_A \leq M_{sp} \cdot 0,9$$

$$\text{d.h. } 9 + 500,29 \text{ Nmm} \leq 123.000 \text{ Nmm}$$

→ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt

→ sicher

5. Überprüfung der Schraube

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_M^2 + 3 \tau_c^2}$$

$$\sigma_M = \frac{F_{VM} + F_{B2}}{A_s} = \frac{F_{VM} + \Phi \cdot F_B}{A_s}$$

$$= \frac{7.838,46 \text{ N}}{81,5 \text{ mm}^2} = 96,18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_c = \frac{M_A}{W_t} = \frac{F_{VM} (0,159 p + \gamma_{ges} \cdot (0,577 \cdot d_2 + \frac{d_k}{2}))}{\pi \cdot \frac{d_2^3}{16}}$$

$$\text{mit } d_2 = 10,863 \text{ mm}, d_k = 9,853 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \tau_c = 262,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{d.h. } \sigma_{red} = 727,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Überprüfung:

$$\sigma_{red} \leq 0,9 R_{p0,2} = 0,9 \cdot 1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,9$$

$$\text{d.h. } 727,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 810 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt

→ sicher

→ Überprüfung wäre nicht nötig gewesen, da $F_B = 0$!

6. Überprüfung der Flächenpressung unter dem Schraubenkopf

$$\underline{p_A = \frac{F_{\text{max}}}{A_p} = \frac{F_{\text{sp}10.9} + \Phi \cdot F_B}{\frac{\pi}{4} (d_w^2 - d_n^2)}}$$

$$= \frac{63300 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot ((18 \text{ mm})^2 - (13.5 \text{ mm})^2)}$$

$$= \underline{568.58 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

→ Überprüfung:

FB: $p_A = p_G$ - Grenzflächenpressung

$$\text{d.h. } \underline{568.58 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 580 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

→ Festigkeitsbedingung ist ausreichend erfüllt

→ sicher

Werte für das Verschraubungsschaubild der Hubzylinderverschraubung

$$F_{VM} = 2977,09 \text{ N}$$

$$148,85 \text{ mm}$$

$$F_{Vmax} = 2977,09 \text{ N}$$

$$148,85 \text{ mm}$$

$$F_{Vmin} = \frac{F_{Vmax}}{K_A} = \frac{2977,09 \text{ N}}{1,6} = 1860,68 \text{ N} \quad 93,03 \text{ mm}$$

↳ nach 12.50

$$F_{KL} = 132,14 \text{ N}$$

$$6,61 \text{ mm}$$

$$F_Z = 759,09 \text{ N}$$

$$37,95 \text{ mm}$$

$$F_{Bmax} = 1029,47 \text{ N}$$

$$51,47 \text{ mm}$$

$$F_{Bmin} = -42,89 \text{ N}$$

$$-2,14 \text{ mm}$$

$$F_{BT} = F_B \cdot (1 - \phi) = 1029,47 \text{ N} \cdot (1 - 0,0583) = 969,45 \text{ N} \quad 48,47 \text{ mm}$$

↳ nach 12.12

$$F_{BS} = F_B \cdot \phi = 1029,47 \text{ N} \cdot 0,0583 = 60,02 \text{ N} \quad 3 \text{ mm}$$

↳ nach 12.11

Krafteinleitungsfaktor

$$f_{SB} = (\delta_S + (1 - n) \delta_T) \cdot F_{VM}$$

$$= \left(5,76 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} + (1 - 0,5) \cdot 7,61 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \right) \cdot 2977,09 \text{ N}$$

$$= 18,2808 \mu\text{m} \quad 182,81 \text{ mm}$$

$$f_{SH} = \delta_S \cdot F_{VM} = 5,76 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 2977,09 \text{ N}$$

$$= 17,1480 \mu\text{m} \quad 171,48 \text{ mm}$$

$$f_{TB} = n \cdot \delta_T \cdot F_{VM} = 0,5 \cdot 7,61 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 2977,09 \text{ N}$$

$$= 1,1328 \mu\text{m} \quad 11,33 \text{ mm}$$

$$f_{TH} = \delta_T \cdot F_{VM} = 7,61 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 2977,09 \text{ N}$$

$$= 2,2656 \mu\text{m} \quad 22,66 \text{ mm}$$

nach
12.4.1.5

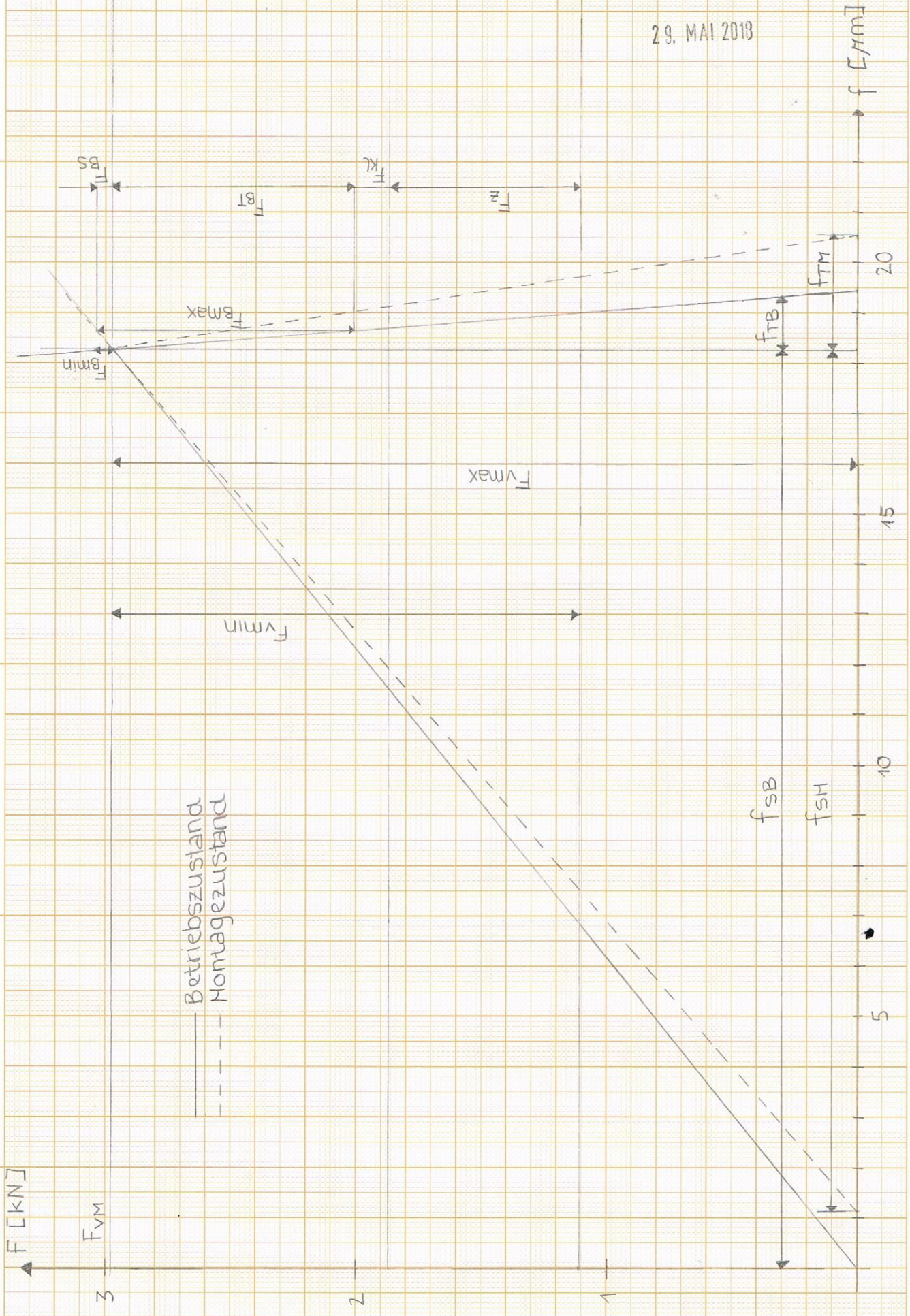
Längenmaßstab $1 \text{ mm} \hat{=} 0,1 \mu\text{m}$

Kraftmaßstab $1 \text{ mm} \hat{=} 20 \text{ N}$

Verspannungsschaubild der Hubzylinderverschraubung

101-28923 1029 1039
33-36926

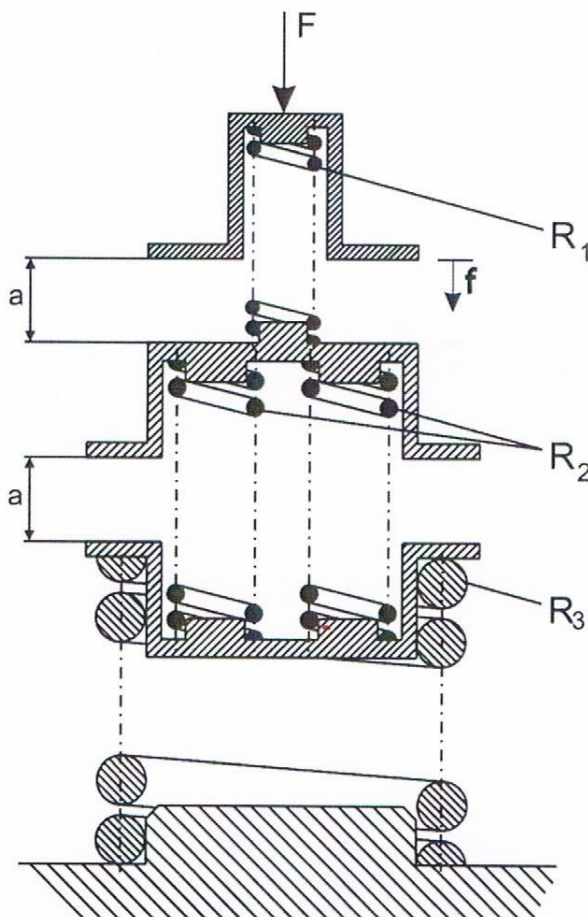
29. MAI 2018



SAALÜBUNG 2 (SÜ2) – FEDERN

Konstruktion in der Medizingerätetechnik II – SS 2018

Folgendes Federsystem ist gegeben



Federraten:

$$R_2 = 3/2 \cdot R_1$$

$$R_3 = 5 \cdot R_1$$

Aufgabenstellung

- Zeichnen Sie für das Federsystem die Gesamtfederkennlinie R_{ges} in das beiliegende Lösungsblatt ein.
- Berücksichtigen Sie dabei die Auflagereihenfolge der verschiedenen Bauteile (Bereiche).
- Federn, die auf Block laufen, bleiben im weiteren Verlauf unberücksichtigt.
- Das System wird quasi endlos weiter belastet (d. h. die Kennlinie endet im Diagramm nach dem zweiten Knickpunkt).
- Zeichnen und benennen Sie alle notwendigen Linien (inkl. R_{ges} und Parallelitätszeichen), Hilfslinien und Knickpunkte.

Wichtige Hinweise

- Name, Matrikelnummer und Gruppennummer (bzw. Betreuer) vollständig ausfüllen.
- Fragen können an Mitarbeiter und Tutoren gerichtet werden.
- Keine Kommunikation zwischen Studierenden!
- Keine Hilfsmittel außer eigene Notizen, die während der Einführung gemacht wurden.
- Einsammeln der bearbeiteten Aufgabe nach 30 min Bearbeitungszeit durch Tutoren am Platz.

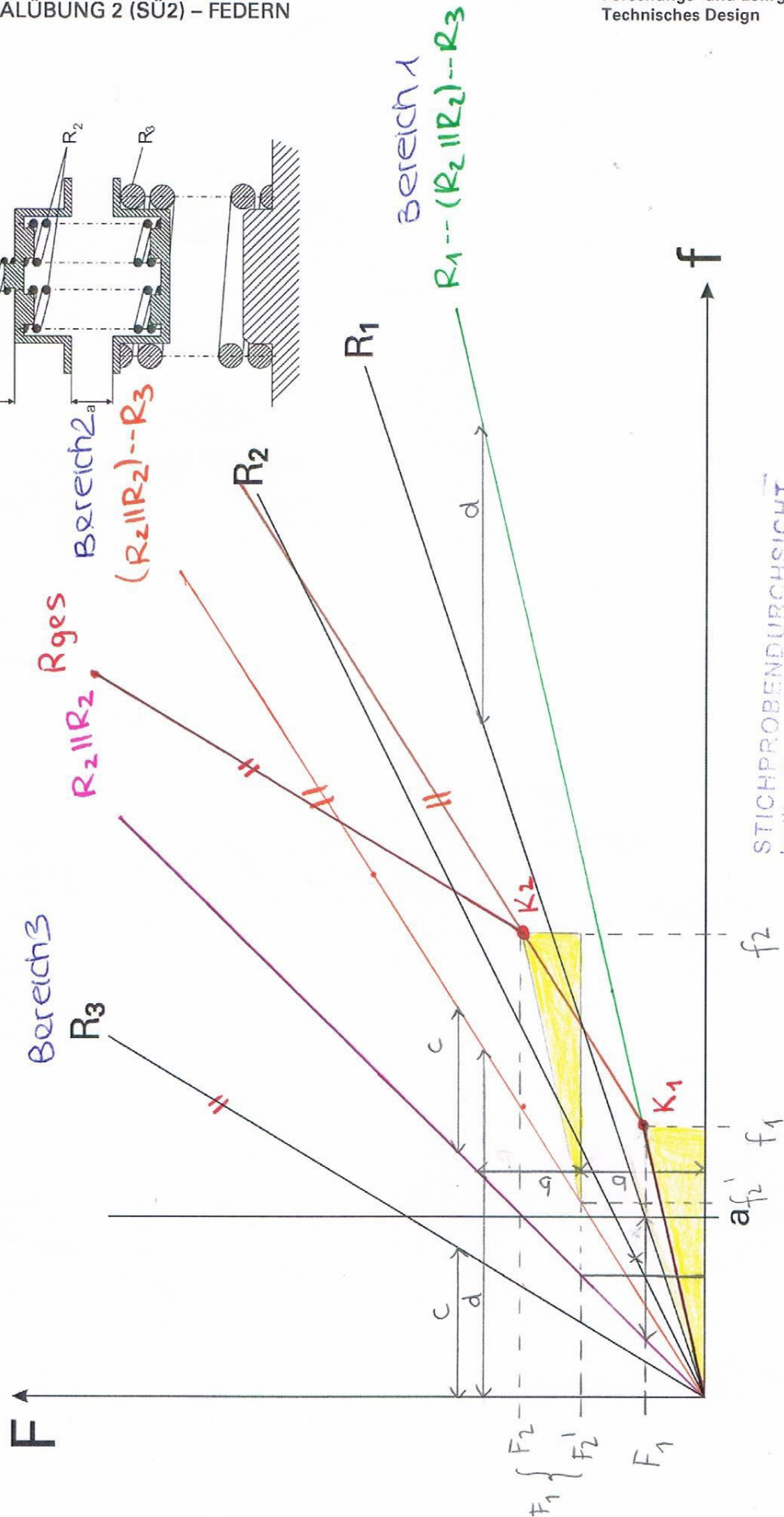
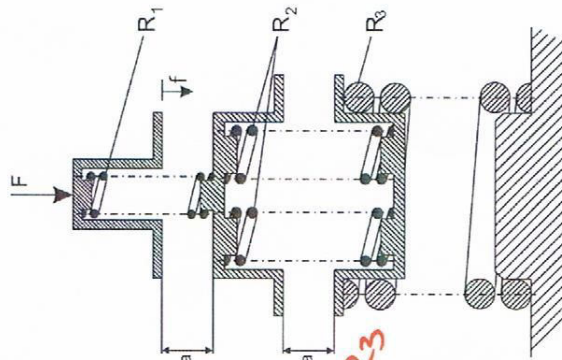
Lösungsblatt | SAALÜBUNG 2 (SÜ2) – FEDERN

Bereich 1: $R_1 - (R_2 \parallel R_3) - R_3$
 Bereich 2: $(R_2 \parallel R_3) - R_3$
 Bereich 3: R_3

Gegeben:

$$R_2 = \frac{3}{2} R_1$$

$$R_3 = 5R_1$$



STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart
5. JUNI 2013

Name, Vorname:

Matrikelnummer:

Gruppennummer: _____
(optional: Betreuer)

Konstruktion in der Medizingerätetechnik II,
SS 2018

Konstruktionsübung 5 (KÜ 5): Lager- und Wellenberechnung

Der Antrieb der Hubzylinder zum Anheben der Liegefläche und zur Neigungsverstellung des Patiententransporters erfolgt durch eine Flügelradpumpe (Bild 1+2). Diese besitzt einen **375 W** starken Elektromotor, der sie mit der Drehzahl $n = 2450 \text{ min}^{-1}$ antreibt. Die Pumpe liefert dadurch den Förderstrom $Q = 2,90 \text{ l/s}$ und die Förderhöhe $H = 13,7 \text{ m}$.

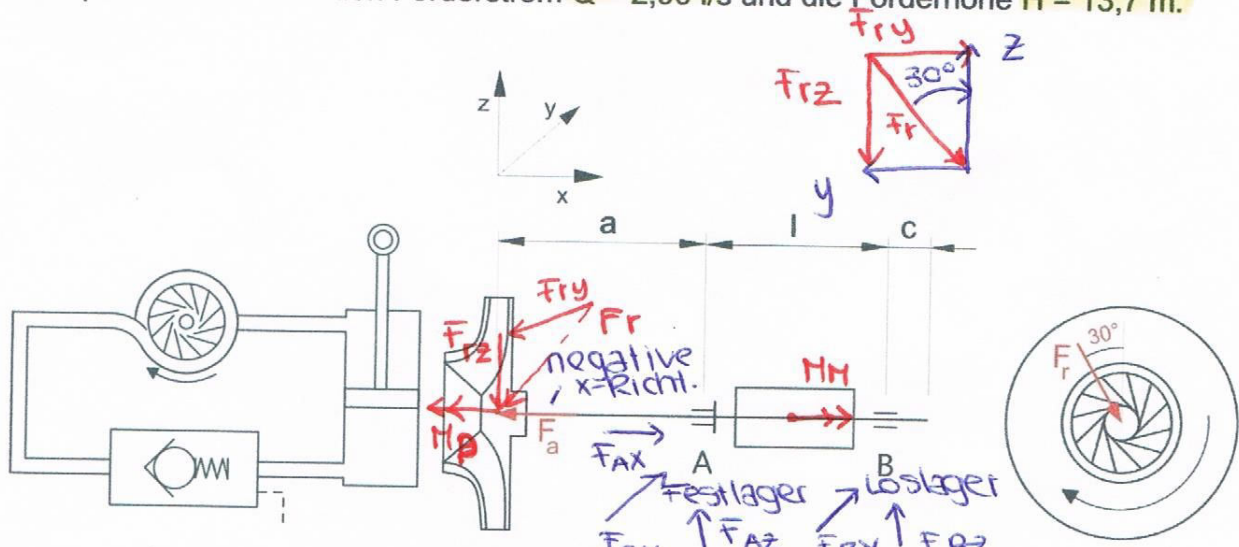


Bild 1: Hydraulikkreis

Bild 2: Lagerabstände / Pumpenabmessungen

Weiterhin sind gegeben:

Lagerabstand:
Pumpenradauskragung:
Auskragung Wellenende:
Außendurchmesser Pumpenrad:
Eintrittsdurchmesser Pumpenrad:
Wirksame Breite Pumpenrad:
Dichte Fördermedium:
Radialkraftkoeffizient:
Außendurchmesser Motor:
Länge Motor:

$l = 90 \text{ mm},$
 $a = 100 \text{ mm},$
 $c \leq 10 \text{ mm},$
 $D_a = 125 \text{ mm},$
 $D_i = 50 \text{ mm},$
 $b_a = 30 \text{ mm}$
 $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$
 $k_R = 0,5$
 $D_M = 60 \text{ mm}$
 $L_M = 65 \text{ mm}$

Axialkraft:

$$F_a = \Delta p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2$$

Radialkraft:
mit

$$F_r = \Delta p \cdot k_R \cdot D_a \cdot b_a$$

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot H$$

Wellenwerkstoff 1.4021, X 20 Cr13:

Dehngrenze:
Zugfestigkeit:
Zul. Biegespannung:
Schwingfestigkeit:

$R_{p0,2} = 600 \text{ N/mm}^2$
 $R_m = 800 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{bzul} = 400 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_W = 300 \text{ N/mm}^2$

Aufgabenstellung:

1. Die Motorwelle der Pumpe ist zu dimensionieren.
2. Führen Sie den Festigkeitsnachweis für die Motorwelle durch.
3. Die Rillenkugellager einer Fest-Los-Lagerung sind für eine Mindestlebensdauer von 10 000 h zu dimensionieren, ihre tatsächliche Lebensdauer ist nachzuweisen.
4. Die Lagerung der Motorwelle der Pumpe ist zu konstruieren. Die Lagerung der Welle erfolgt dabei statisch bestimmt.
 - a) Fest-Los-Lagerung mit Lager A: Rillenkugellager 6203-C (alt. 6203) als Festlager, Lager B: Rillenkugellager 61903 als Loslager.
 - b) Fest-Los-Lagerung mit Lager A: Rillenkugellager 6203-C (alt. 6203), Lager B: Zylinderrollenlager NU203-E-XL-TVP2 (alt. NU203-E-TVP2).
 - c) Angestellte Lagerung mit 2 Kegelrollenlagern 30203-XL (alt. 30203-A) in X-Anordnung.

Erläuterungen zur Aufgabe werden in der Einführung gegeben.

Termine:

12.06.2018 Einführung KÜ 5

19.06.2018 1. Testat: 1,2,4a

- Dimensionierung der Welle.
- Festigkeitsnachweis der Welle.
- Entwurfszeichnung der Baugruppe Wellenlagerung nach Vorgabe a), M 2:1 (DIN-A3, blanko).

26.06.2018 2. Testat: 3,4b&c

- Dimensionierung und Lebensdauernachweis der Rillenkugellager.
- Entwurfszeichnung der Baugruppe Wellenlagerung nach Vorgabe b), M 2:1 (DIN-A3, blanko).
- Entwurfszeichnung der Baugruppe Wellenlagerung nach Vorgabe c), M 2:1 (DIN-A3, blanko).

Konstruktionsübung 5: Patiententransporter

Testat 1

I. Dimensionierung der Welle

a) Vordimensionierung

→ Welle ist auf Biegung & Torsion belastet

$$d_{\text{erf}} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{bzul}}} \quad (15.4)$$

notw. Ø
d. Welle

$$\text{mit } M_v = \sqrt{M_b^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_t}{2}\right)^2}$$

→ M_b und M_t an höchstbeanspruchter Stelle!

b) Mechanisches Ersatzbild

$$F_a = \Delta p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 = \rho \cdot g \cdot H \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2$$

Axialkraft Förderhöhe
Eintritts-Ø
Pumpenrad

$$= 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 13,7 \text{m} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,05 \text{m})^2$$

$$= 237,5 \text{N}$$

Außen-Ø
Pumpenrad Dichte
Fördermedium

$$F_r = \Delta p \cdot k_R \cdot D_a \cdot b_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot k_R \cdot D_a \cdot b_a$$

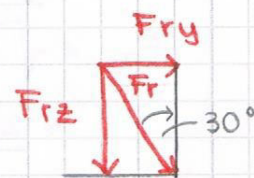
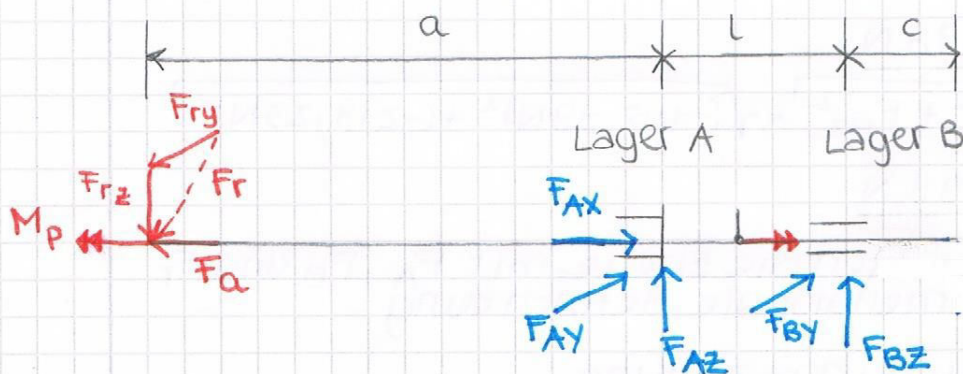
Radialkraft wirksame Breite
Pumpenrad

$$= 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 13,7 \text{m} \cdot 0,5 \cdot 0,125 \text{m} \cdot 0,03 \text{m}$$

$$= 226,179 \text{N}$$

$$M_M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi \cdot n} = \frac{375 \text{W}}{2\pi \cdot 2450 \cdot \frac{1}{60} \text{s}^{-1}} = 1,462 \text{Nm}$$

Moment am
Motor



c) Lagerkräfte

$$\Sigma F_x \stackrel{!}{=} 0 : -F_Q + F_{Ax} = 0$$

$$\rightarrow F_{Ax} = F_Q = 237,5 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y \stackrel{!}{=} 0 : -F_{ry} + F_{Ay} + F_{By} = 0$$

$$-F_r \cdot \sin(30^\circ) + F_{Ay} + F_{By} = 0$$

$$\Sigma F_z \stackrel{!}{=} 0 : -F_{rz} + F_{Az} + F_{Bz} = 0$$

$$-F_r \cdot \cos(30^\circ) + F_{Az} + F_{Bz} = 0$$

$$\Sigma M_{Ay} \stackrel{!}{=} 0 : -F_{rz} \cdot a - F_{Bz} \cdot L = 0$$

$$\rightarrow -F_r \cdot \cos(30^\circ) \cdot a = \overset{\text{Pumpenradaustragung}}{-226,79 \text{ N} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,1 \text{ m}} \cdot \frac{1}{0,09 \text{ m}}$$

$$\underset{L = \text{Lagerabstand}}{=} -218,23 \text{ N} = F_{Bz}$$

$$\Sigma M_{Az} \stackrel{!}{=} 0 : F_{ry} \cdot a + F_{By} \cdot L = 0$$

$$\rightarrow -F_r \cdot \sin(30^\circ) \cdot a = \frac{-226,79 \text{ N} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ m}}{0,09 \text{ m}}$$

$$\underset{L}{=} -125,99 \text{ N} = F_{By}$$

daraus folgt

$$\text{für } \Sigma F_y \stackrel{!}{=} 0 : F_{Ay} = F_r \cdot \sin(30^\circ) - F_{By}$$

$$= 226,79 \text{ N} \cdot \frac{1}{2} + 125,99 \text{ N} = 239,39 \text{ N}$$

$$\text{für } \Sigma F_z \stackrel{!}{=} 0 : F_{Az} = F_r \cdot \cos(30^\circ) - F_{Bz}$$

$$= 226,79 \text{ N} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 218,23 \text{ N} = 414,64 \text{ N}$$

resultierende Lagerkräfte:

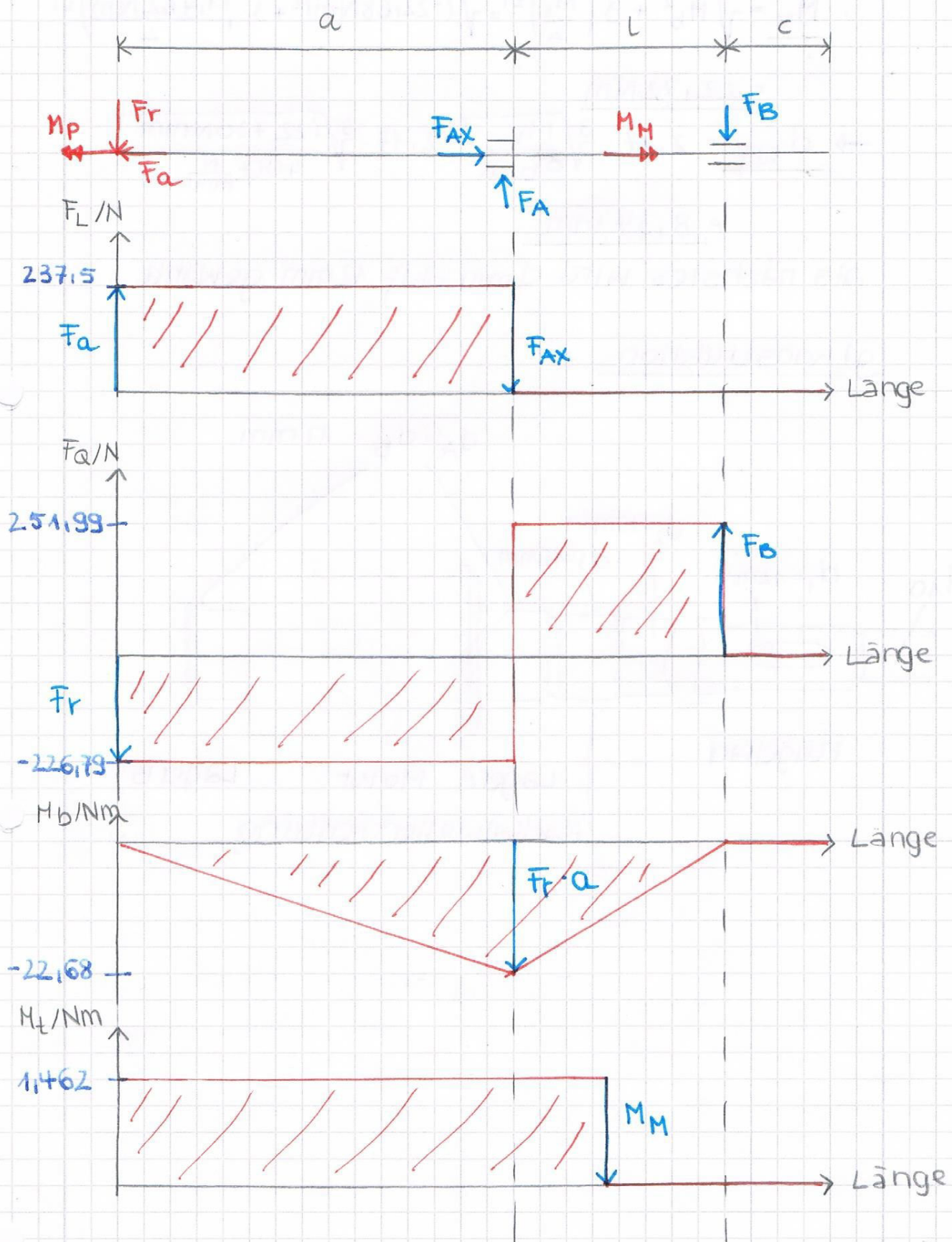
$$F_A = \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} = \sqrt{(239,39 \text{ N})^2 + (414,64 \text{ N})^2}$$
$$= 478,78 \text{ N}$$

$$F_B = \sqrt{F_{By}^2 + F_{Bz}^2} = \sqrt{(-125,99 \text{ N})^2 + (-218,23 \text{ N})^2}$$
$$= 251,99 \text{ N}$$

→ wir betrachten die Ebene mit F_A , F_B und F_r
→ 2-dimensionale Betrachtung

d) Beanspruchungsanalyse

- statische Belastung: F_L (Zug, Druck), M_t (Torsion)
- dynamische Belastung: M_b (Biegung), F_Q (Schub)

e) Schnittgrößenverläufe

f) Bestimmung der höchstbeanspruchten Stelle
 größte dynamische Belastung tritt in Lager A auf
 nach Berechnung der Werte folgt mit a):

$$\underline{M_v} = \sqrt{M_b^2 + 3 \left(\frac{M_t}{2} \right)^2} = \sqrt{(-22,68 \text{ Nm})^2 + 3 \cdot \left(\frac{1,462 \text{ Nm}}{2} \right)^2}$$

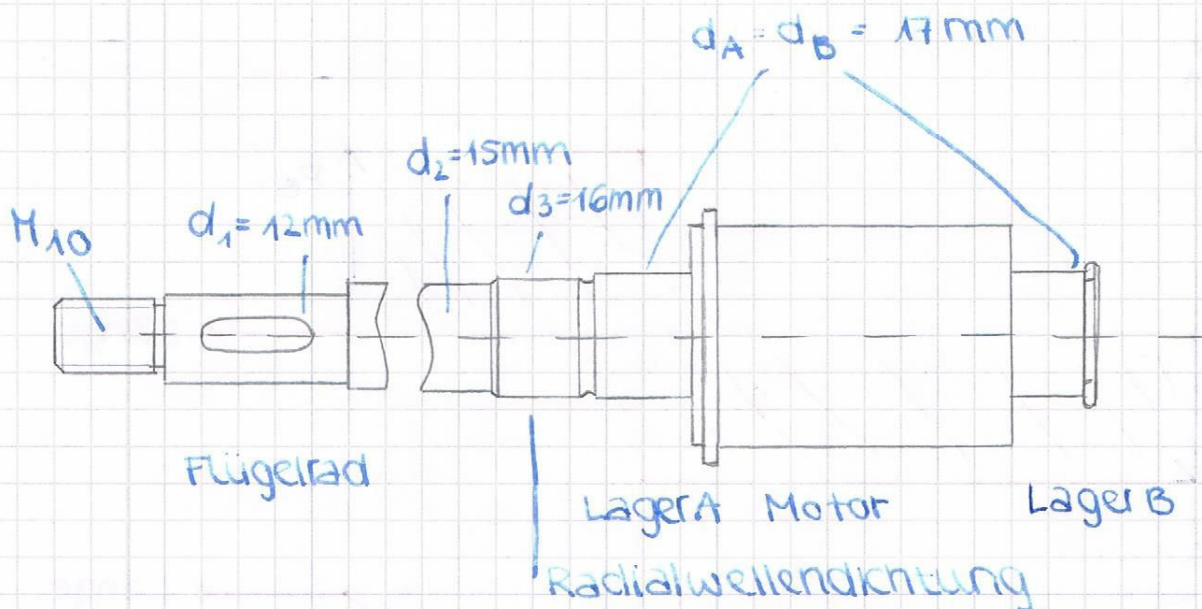
$$= 22,72 \text{ Nm}$$

$$\rightarrow \underline{d_{erf}} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{bzul}}} = 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{122720 \text{ Nm}^3}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$= 8,34 \text{ mm}$$

als nächstes wird d_{min} auf 12mm gewählt

g) Konstruktion



II. Festigkeitsnachweis der Welleh) Nennspannungen bestimmen

höchstbeanspruchte Stelle an der Kerbe für den Sicherungsring DIN 471 an Lager A

→ kritische Stelle: Nut, da kleiner Querschnitt und Kerbe

man benötigt die größtmögliche Verrundung, damit Spannungserhöhung durch Kerbe nicht zu groß ist

$$r_{\text{Kerbe}} = \frac{m}{2} = \frac{1,1 \text{ mm}}{2} = \underline{0,55 \text{ mm}}$$

\text{Verrundung}

$$d_{\text{Kerbe}} = d_2 - m = 16,2 \text{ mm} - 1,1 \text{ mm} = \underline{15,1 \text{ mm}}$$

• statische Belastungen

- Zug/Druck:

$$\begin{aligned} \sigma_{Z/dm} &= 0,5 (\sigma_{Z/do} + \sigma_{Z/du}) \quad \text{mit } \sigma_{Z/do} = \sigma_{Z/d} \\ &= \sigma_{Z/d} = \frac{F_{Z/d}}{A} = \frac{F_d}{\frac{\pi}{4} d_{\text{Kerbe}}^2} \quad \sigma_{Z/du} = \sigma_{Z/d} \\ &= \frac{237,5 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot (15,1 \text{ mm})^2} = \underline{1133 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \end{aligned}$$

$$\sigma_{Z/da} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{ da Belastung statisch}$$

- Torsion:

$$\tau_{tm} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{1,462 \text{ Nm}}{\frac{\pi}{16} \cdot (15,1 \text{ mm})^3} = \underline{2,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\text{wobei } \tau_{tm} = \tau_{to} = \tau_{tu} = \tau_t$$

$$\tau_{ta} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \text{ da statische Belastung}$$

• dynamische Belastungen

- Biegung:

$$\sigma_{bo} = \sigma_b \quad \left. \begin{array}{l} \sigma_{bm} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \sigma_{ba} = -\sigma_b \end{array} \right\} \sigma_{da} = \sigma_b$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F_r \cdot L}{\frac{\pi}{32} d_{\text{Kerbe}}^3} = \frac{22,68 \text{ Nm}}{\frac{\pi}{32} \cdot (15,1 \text{ mm})^3} = \underline{67,095 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

- Schub

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{so} = \tau_s \\ \tau_{su} = -\tau_s \end{array} \right\} \begin{array}{l} \tau_{sm} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ \tau_{sa} = \tau_s \end{array}$$

$$\tau_s = \frac{Fr}{\frac{\pi}{4} d_{\text{kerbe}}^2} = \frac{226,79 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (15,1 \text{ mm})^2} = 1,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

i) Spannungserhöhung durch Kerbwirkung

$$\left. \begin{array}{l} D = 17 \text{ mm} \\ d = 15,1 \text{ mm} \\ r = 0,55 \text{ mm} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{r}{d} = 0,036 \\ \frac{D}{d} = 1,126 \end{array}$$

→ Formzahlen aus Diagramm ablesen

$$\alpha_{kz/d} = 3,0$$

$$\alpha_{kb} = 2,17$$

$$\alpha_{kt} = 1,19$$

Kerbwirkungszahl β_k für dyn. Anteile:

$$\beta_k = \frac{\alpha_k}{1 + \frac{55}{R_{p0,2}} \cdot \sqrt{\frac{c}{r}}}$$

mit $c=2$ für Zug/Druck, Biegung
 $c=1$ für Torsion

$$R_{p0,2} = 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$r = 0,55 \text{ mm}$$

ergibt sich $\beta_{kz/d} = 2,55$

$$\beta_{kb} = 2,13$$

$$\beta_{kt} = 1,169$$

j) Maximalspannungen

$$\underline{\sigma_{bomax}} = \alpha_{kb} \cdot \sigma_{bo} = 2,7 \cdot 67,095 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{181,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{bommax}} = \alpha_{kb} \cdot \sigma_{bm} = 2,7 \cdot 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{bamax}} = \beta_{kb} \cdot \sigma_{ba} = 2,3 \cdot 67,095 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{154,32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{zdomax}} = \alpha_{kzd} \cdot \sigma_{zdo} = 3,0 \cdot 1,33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{3,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{zdommax}} = \alpha_{kzd} \cdot \sigma_{zdm} = 3,0 \cdot 1,33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{3,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{zdamax}} = \beta_{kzd} \cdot \sigma_{zda} = 2,55 \cdot 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{tomax}} = \alpha_{kt} \cdot \tau_{to} = 1,9 \cdot 2,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{4,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{tmmax}} = \alpha_{kt} \cdot \tau_{tm} = 1,9 \cdot 2,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{4,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{tamax}} = \beta_{kt} \cdot \tau_{ta} = 1,69 \cdot 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{somax}} = \alpha_{kt} \cdot \tau_{so} = 1,9 \cdot 1,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{2,41 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{smmax}} = \alpha_{kt} \cdot \tau_{sm} = 1,9 \cdot 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{samax}} = \beta_{kt} \cdot \tau_{sa} = 1,69 \cdot 1,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \underline{2,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

k) Vergleichsspannungen

gleichartige Spannungen zusammenfassen:

$$\underline{\tau_{omax}} = |\tau_{somax}| + |\tau_{tomax}| = \underline{6,51 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{mmax}} = |\tau_{smmax}| + |\tau_{tmmax}| = \underline{4,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\tau_{amax}} = |\tau_{samax}| + |\tau_{tamax}| = \underline{2,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{omax}} = |\sigma_{zdomax}| + |\sigma_{bomax}| = \underline{185,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{mmax}} = |\sigma_{zdommax}| + |\sigma_{bommax}| = \underline{3,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\underline{\sigma_{amax}} = |\sigma_{zdamax}| + |\sigma_{bamax}| = \underline{154,32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

• ungleichartige Spannungen zusammenfassen:

$$\underline{\sigma_{vo}} = \sqrt{\sigma_{o\max}^2 + 3 \tau_{o\max}^2} = \sqrt{(185,15 \frac{N}{mm^2})^2 + 3 \cdot (6,51 \frac{N}{mm^2})^2}$$

$$= 185,49 \frac{N}{mm^2}$$

$$\underline{\sigma_{vm}} = \sqrt{\sigma_{m\max}^2 + 3 \tau_{m\max}^2} = \sqrt{(3,99 \frac{N}{mm^2})^2 + 3 \cdot (4,1 \frac{N}{mm^2})^2}$$

$$= 8,15 \frac{N}{mm^2}$$

$$\underline{\sigma_{va}} = \sqrt{\sigma_{a\max}^2 + 3 \tau_{a\max}^2} = \sqrt{(154,32 \frac{N}{mm^2})^2 + 3 \cdot (2,15 \frac{N}{mm^2})^2}$$

$$= 154,36 \frac{N}{mm^2}$$

1) Festigkeitsnachweis

gegen Dauerbruch und Fließen

→ größte Belastung dynamisch

• Dauerbruch: ^{Größenfaktor}

$$S_D = \frac{\sigma_A \cdot b_0 \cdot b_5}{\sigma_{vo}} \quad \text{— oberflächeneinflussfaktor}$$

wobei $\underline{\sigma_A} = \sigma_W \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_{vm}}{R_m}} = 300 \frac{N}{mm^2} \cdot \sqrt{1 - \frac{8,15 \frac{N}{mm^2}}{800 \frac{N}{mm^2}}}$

$$= 298,47 \frac{N}{mm^2}$$

es folgt $\underline{S_D} = \frac{298,47 \frac{N}{mm^2} \cdot 0,97 \cdot 0,76}{154,36 \frac{N}{mm^2}} = \underline{1,43 > 1,2}$

• gegen Fließen

$$\underline{S_F} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{vo}} = \frac{600 \frac{N}{mm^2}}{185,49 \frac{N}{mm^2}} = \underline{3,23 > 1,2}$$

→ die Sicherheit ist ausreichend gewährleistet

Konstruktionsübung 5: PatiententransporterTestatzIII. Berechnung der Lagerm) Auslegung Loslager - Lager B

$$C_{r \text{ erf } B} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot n}{10^6}} \cdot P_B$$

Lebensdauer-
exponent p

nominielle Lebensdauer in
Betriebsstd

'dyn. Tragzahl

dynamisch
äquivalente
Lagerbelastung

mit $P_B = F_B$, da keine Axialkraft $p=3$: Rillenkugellager

$$n = 2450 \text{ min}^{-1}$$

$$L_{10h} = 10\,000$$

$$F_B = 251,99 \text{ N}$$

damit ergibt sich:

$$C_{r \text{ erf } B} = \sqrt[3]{\frac{10\,000 \cdot 60 \cdot 2450 \text{ min}^{-1}}{10^6}} \cdot 251,99 \text{ N}$$

$$= \underline{2\,865,205 \text{ N}}$$

→ Kugellagerkatalog
S. 234: Rikula 61903n) Lebensdauernachweis Loslager

$$\begin{aligned} L_{h \text{ vorh } B} &= \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_{rB}}{P_B} \right)^3 \\ &= \frac{10^6}{60 \cdot 2450 \text{ min}^{-1}} \cdot \left(\frac{4900 \text{ N}}{251,99 \text{ N}} \right)^3 \\ &= \underline{50\,017,4 \text{ h} > 10\,000 \text{ h}} \end{aligned}$$

→ Mindestlebensdauer ist ausreichend

o) Vorauslegung Festlager mit Radialkraft-Lager A

$$C_{r \text{ erf } A} = \frac{P}{\sqrt{\frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot n}{10^6}}} \cdot P_A^*$$

mit $P_A^* = F_A$: Vorauslegung nur mit Radialkraft

$p = 3$ Rillenkugellager

es ergibt sich:

$$\begin{aligned} C_{r \text{ erf } A} &= \frac{3}{\sqrt{\frac{10.000 \cdot 60 \cdot 2450 \text{ min}^{-1}}{10^6}}} \cdot 478,78 \text{ N} \\ &= \underline{\underline{5443,88 \text{ N}}} \end{aligned}$$

→ für Rikub folgt mit Katalog : 6003

p) Lebensdauernachweis Festlager mit tatsächlicher Belastung

• Rillenkugellager 6003

→ P_A ist gesucht

$$\rightarrow L_{h \text{ vorh } A} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_{rA}}{P_A} \right)^p$$

wobei $C_{rA} = 6400 \text{ N}$

$p = 3$

außerdem lässt sich aus dem Wälzlagerkatalog S. 234 folgendes ablesen:

$f_0 = 14,3$ und $C_{or} = 3250 \text{ N}$

$$\rightarrow \frac{f_0 \cdot F_a}{C_{or}} = \frac{14,3 \cdot 237,5 \text{ N}}{3250 \text{ N}} = 1,04$$

somit liegt Fall $\frac{F_a}{F_r} = 0,5 > e$ vor, denn durch Interpolation folgt

$$e = 0,29 \quad ; \quad x = 0,56 \quad ; \quad y = 1,154$$

$$\rightarrow \underline{P_A} = x \cdot |F_A| + y \cdot F_a$$

$$= 0,56 \cdot 478,78 \text{ N} + 1,154 \cdot 237,5 \text{ N}$$

$$= \underline{\underline{633,87 \text{ N}}}$$

Ro

d

Matri

$$\rightarrow \underline{L_{hvornA}} = \frac{10^6}{60 \cdot 2450 \text{ min}^{-1}} \cdot \left(\frac{6400 \text{ N}}{633,87 \text{ N}} \right)^3$$

$$= \underline{7002 \text{ h}} < 10.000 \text{ h}$$

→ nicht ausreichend

⇒ nächstgrößeres Lager: Rikula 6203 (-C)

mit $C_{rA} = 10400 \text{ N}$

Faktoren e , X und Y neu bestimmen!

Es folgt $\frac{f_0 \cdot F_a}{C_{or}} = \frac{13 \cdot 237,5 \text{ N}}{4750 \text{ N}} = 0,65$

→ $e = 0,255$; $X = 0,56$; $Y = 1,172$

daraus folgt Fall $\frac{F_a}{F_r} = 0,5 > e$

→ $\underline{P_A} = X \cdot |F_A| + Y \cdot F_a$

$= 0,56 \cdot 478,78 \text{ N} + 1,172 \cdot 237,5 \text{ N} = \underline{676,62 \text{ N}}$

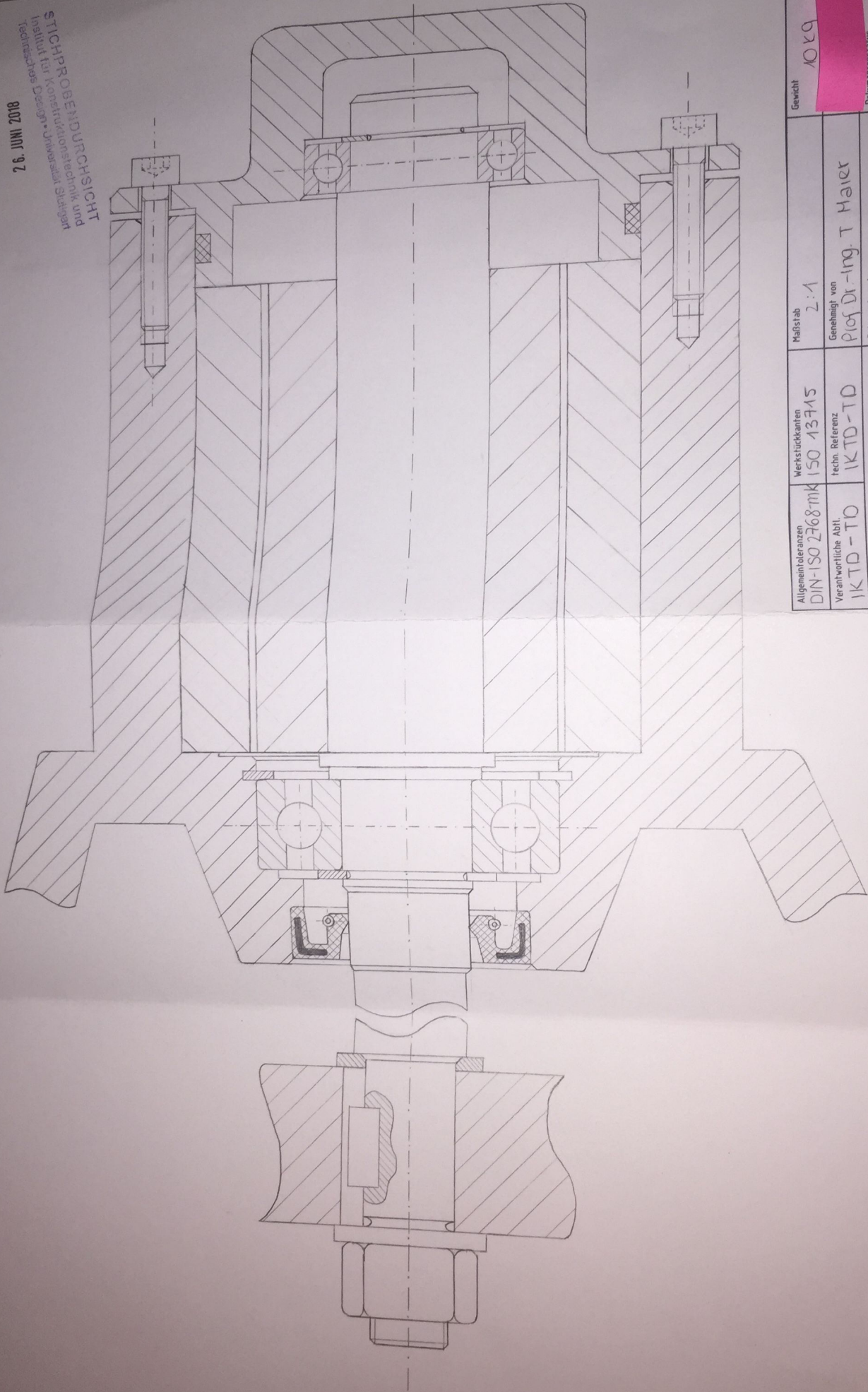
⇒ $\underline{L_{hvornA}} = \frac{10^6}{60 \cdot 2450 \text{ min}^{-1}} \cdot \left(\frac{10400 \text{ N}}{676,62 \text{ N}} \right)^3$

$$= \underline{24702,91 \text{ h}} > 10.000 \text{ h}$$

→ ausreichend

26. JUNI 2018

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart

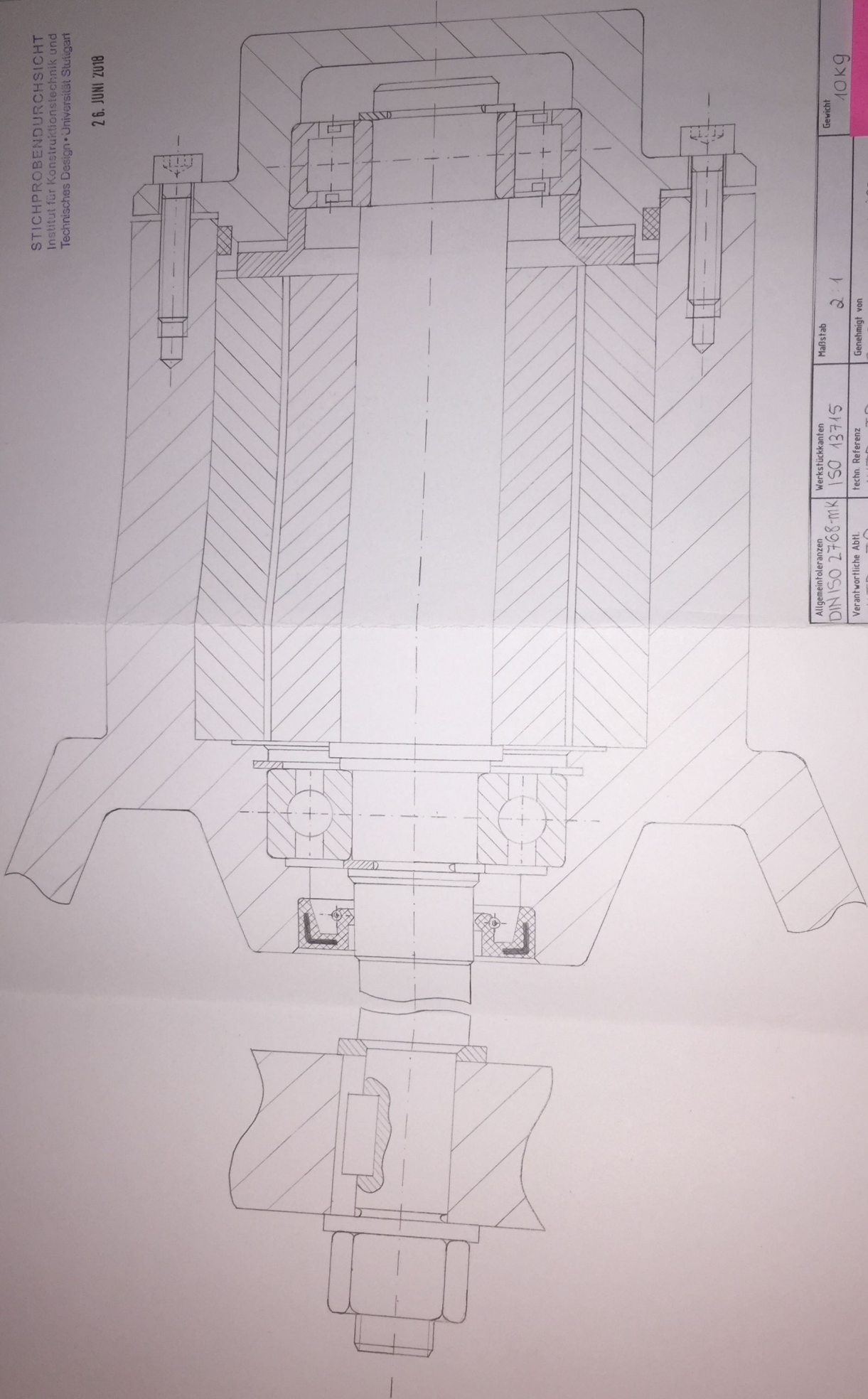


Allgemeine Referenzen DIN-ISO 2768-mK Verantwortliche Abtl. IKTD - TD	Werkstückkanten ISO 43715 Techn. Referenz IKTD - TD	Maßstab 2:1 Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. T. Haier	Gewicht 10 kg
Dokumentenart Zusammenbauzeichnung			
Titel, zusätzlicher Titel Konstruktionszeichnung -patiententransporter			
Dokumentenstatus in Bearbeitung			
Sachnummer KUS_GDH/NAKIMT-			
Spr. Ausgabedatum A 13.06.18			

IKTD

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

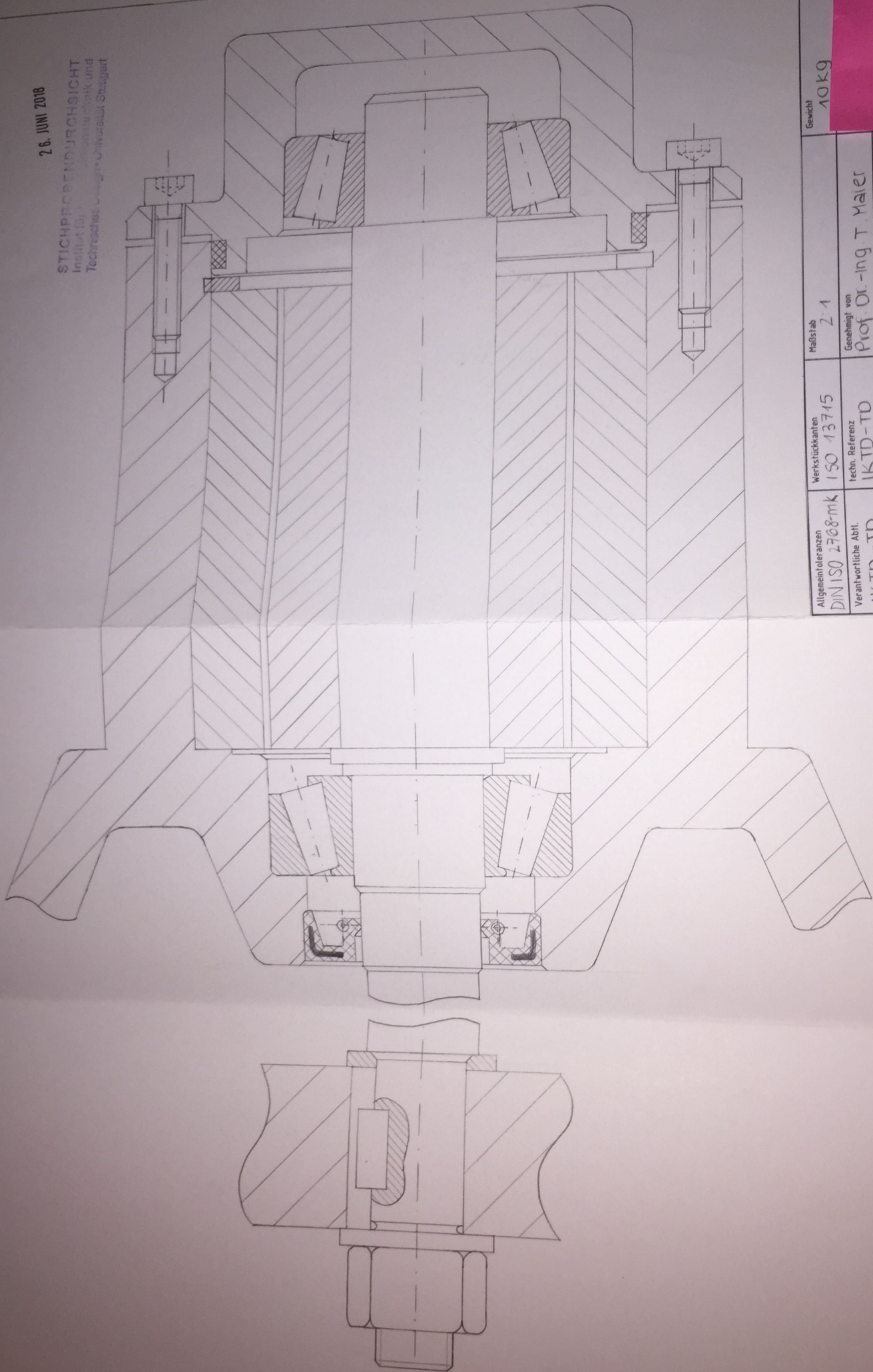
26. JUNI 2018



Allgemeinhinweise DIN ISO 2768-MK	Werkstückkanten ISO 13715	Maßstab 2:1	Gewicht 10 kg
Verantwortliche Abt. IKTD - TD	Techn. Referenz IKTD - TD	Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. T. Haier	
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design			
Dokumententyp Zusammenbauzeichnung			
Titel, zusätzlicher Titel Konstruktionsübung 5 - Patientenlifttransporter			
Sachnummer KUS_GDM/MAK/IKMT			
Änderungsstatus in Bearbeitung			
Änderungsdatum 12.06.18			
Spr. dt			

26. JUNI 2018

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik und
Technisches Design • Universität Stuttgart



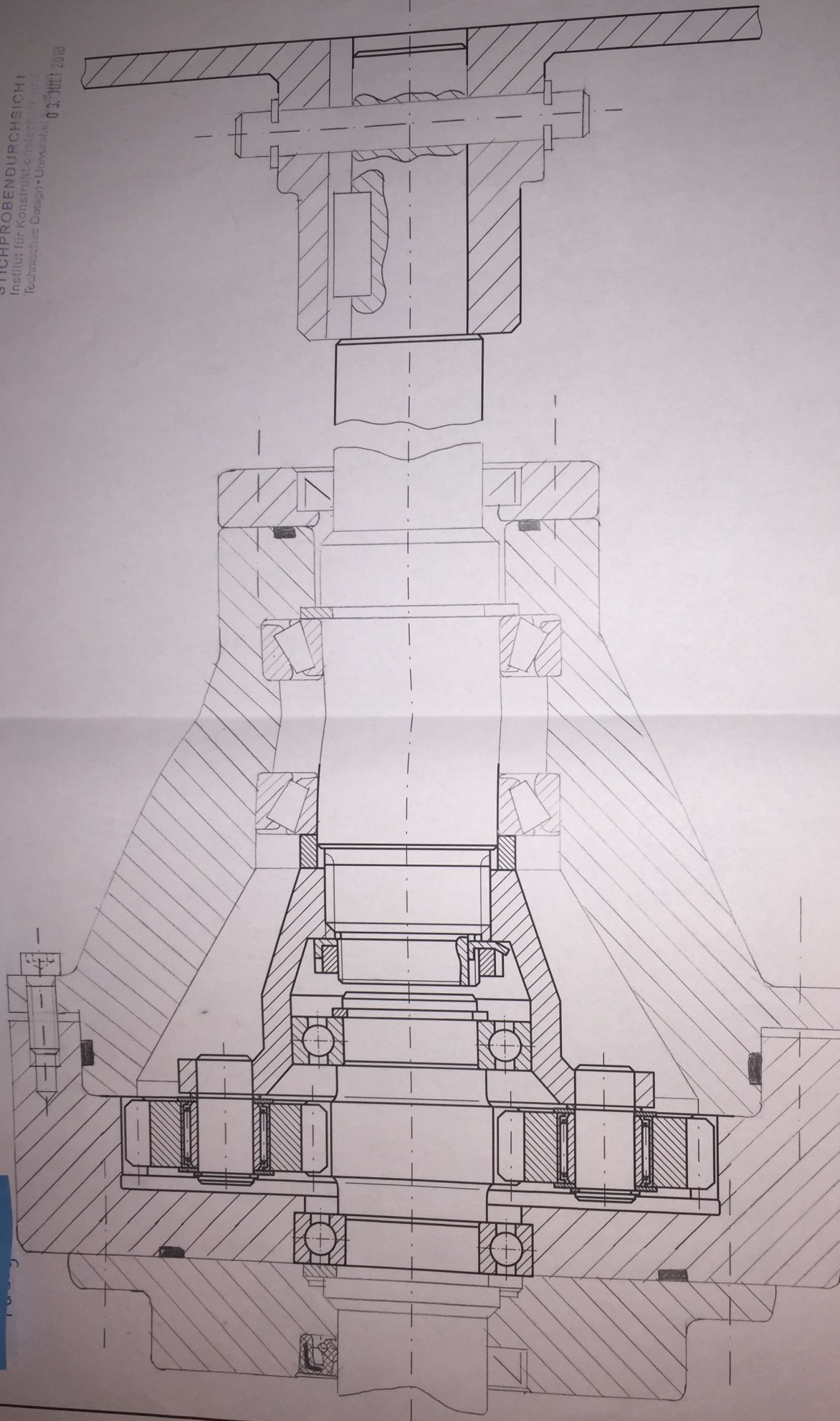
Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mK	Werkstückkanten ISO 43715	Maßstab 1:1	Gewicht 10KG
Verantwortliche Abtl. IKTD-TD	Techn. Referenz IKTD-TD	Genehmigt von Prof. Dr.-Ing. T. Haier	
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design			
Dokumentenart Zusammenbauzeichnung			
Titel, zusätzlicher Titel Konstruktionsübung 5 - Patiententransporter			
Sachnummer KU5-GOM/MAK/IKT			
Dokumentenstatus in Bearbeitung			
And.	Ausgabedatum	Spr.	
A	12.06.18	d	

Na

Mtr.Nr.:

Betreuer: Heinz (Gruppe 14)

STICHPROBENDURCHSICHT
Institut für Konstruktionstechnik
Technisches Design • Universität Stuttgart
03. Juli 2018



Maßstab 2:1	Format A3	Erstellt durch: IKTD-TD	Genehmigt von:
IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design		Dokumentenart Entwurfszeichnung	Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, zusätzlicher Titel Antrieb Schiebeunterstützung KMT Saalübung 3	KMT-SÜ3 Ausgabedatum A 2018-07-03

SAALÜBUNG 4 (SÜ4)

Klausuraufgabe – Wellenberechnung

Grundzüge der Maschinenkonstruktion II
Konstruktion in der Medizingerätetechnik II

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

AUFGABENSTELLUNG

Die Welle eines Windrades wird durch das Gewicht des Propellers querbelastet (vgl. Bild 1). Der Wind wirkt als Antriebsmoment. Im Schnitt H-H ergeben sich daraus die angegebenen Spannungen. Rechnen Sie nach, ob die Welle mit den gegebenen Werten ausreichend dimensioniert ist.

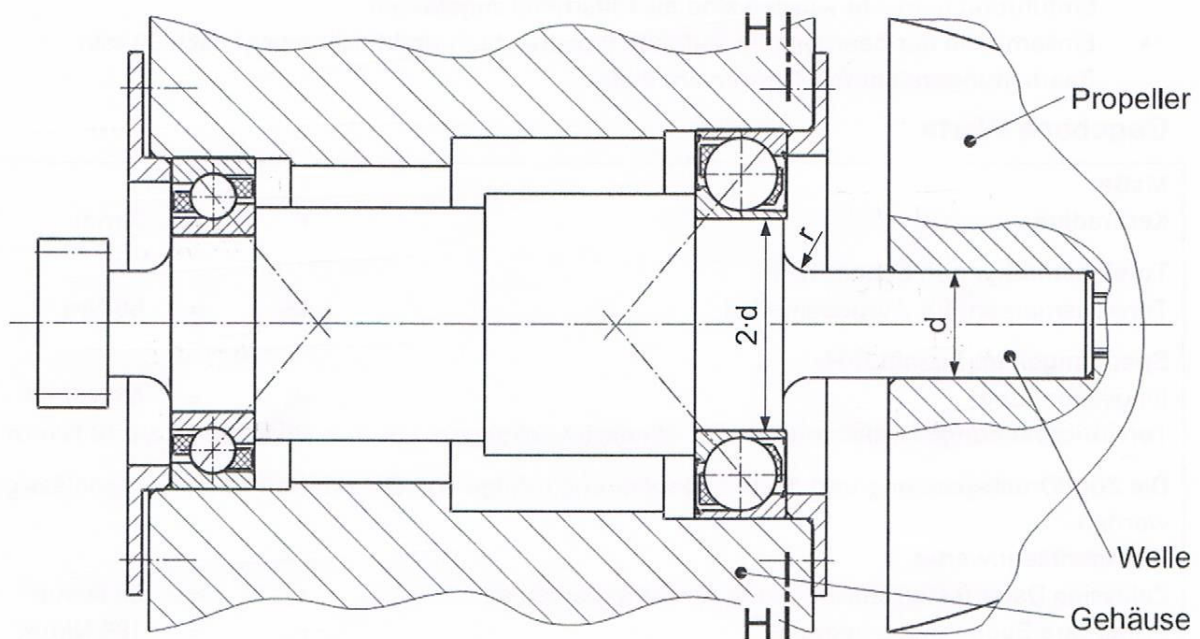


Bild 1: Zeichnung des Windrades (Ausschnitt)

Teilaufgaben

- Berechnen Sie durch eine Übersichtsrechnung den kleinsten erforderlichen Wellendurchmesser für Torsionsbelastung. Wählen Sie den Wellendurchmesser durch Aufrunden auf die nächste ganze Zahl.
- Auch aufgrund von Kerbwirkung tritt im Schnitt H-H (rechts des Wellenabsatzes) die maximale Belastung auf. Geben Sie mit Hilfe der gegebenen Spannungen an:
 - Oberspannungen
 - Unterspannungen
 - Spannungsamplituden
 - Mittelspannung
- Bestimmen Sie die Kerbwirkungsfaktoren α und β mit Hilfe der Diagramme in Bild 2.
- Berechnen Sie die maximalen Vergleichsspannungen für die
 - Oberspannungen
 - Ausschlagsspannungen
- Berechnen Sie die vorhandene Sicherheit der Welle gegen Dauerbruch und Fließen. Beurteilen Sie das Ergebnis.

SAALÜBUNG 4 (SÜ4)

Klausuraufgabe – Wellenberechnung

Grundzüge der Maschinenkonstruktion II
Konstruktion in der Medizingerätetechnik II

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet
Technisches Design

LÖSUNGSBLATT

Teilaufgabe a)

$$d_{\text{erf}} = 14,7 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$d_{\text{gew}} = 15 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Teilaufgabe b)

Biegung:

$$\sigma_{\text{bo}} = 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\sigma_{\text{bu}} = -55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\sigma_{\text{ba}} = 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\sigma_{\text{bm}} = 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

Torsion:

$$\tau_{\text{to}} = 78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\tau_{\text{tu}} = 68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\tau_{\text{ta}} = 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\tau_{\text{tm}} = 73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

Teilaufgabe c)

$$\frac{r}{d} = 0,2 \quad \checkmark$$

$$\alpha_{\text{kb}} = 1,45 \quad \checkmark$$

$$\beta_{\text{kb}} = 1,246 \quad \checkmark$$

$$\frac{D}{d} = 2 \quad \checkmark$$

$$\alpha_{\text{kt}} = 1,25 \quad \checkmark$$

$$\beta_{\text{kt}} = 1,121 \quad \checkmark$$

Teilaufgabe d)

Biegung:

$$\sigma_{\text{bomax}} = 79,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\sigma_{\text{bamax}} = 68,53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

Vergleichsspannungen:

$$\sigma_{\text{vo}} = 186,76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

Torsion:

$$\tau_{\text{tomax}} = 97,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\tau_{\text{tamax}} = 5,605 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

$$\sigma_{\text{va}} = 69,21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \checkmark$$

Teilaufgabe e)

Dauerbruch:

$$S_D = 2,13 \quad \checkmark$$

Fließen:

$$S_F = 1,47 \quad \checkmark$$

→ ausreichend ($S_D = 1,5 - 2,5$)

→ ausreichend ($S_F = 1,2 - 2$)

Name, Vorname

Matrikelnummer

Gruppe (optional Betreuer)

Saalübung 4

a) erforderlicher Wellendurchmesser:

$$d_{\text{erf}} = 1172 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\tau_{\text{tZul}}}}$$
$$= 1172 \cdot \sqrt[3]{\frac{50000 \text{ Nmm}}{80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}} = 14,7 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d_{\text{gew}} = 15 \text{ mm}$$

b) maximale Belastungen:

• Oberspannung

$$\sigma_{bo} = 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$; \tau_{to} = 78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Unterspannung

$$\sigma_{bu} = -55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$; \tau_{tu} = 68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Mittelspannung

$$\sigma_{bm} = 0,5 (\sigma_{bo} + \sigma_{bu})$$

$$= 0,5 \left(55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$= 0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$; \tau_{tm} = 0,5 (\tau_{to} + \tau_{tu})$$

$$= 0,5 \left(78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} + 68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$= 73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

• Spannungsamplitude

$$\sigma_{ba} = 0,5 (\sigma_{bo} - \sigma_{bu})$$

$$= 0,5 \cdot 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$= 55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$; \tau_{ta} = 0,5 (\tau_{to} - \tau_{tu})$$

$$= 0,5 \left(78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - 68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$= 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

c) Kerbwirkungsfaktoren α und β

$$\rightarrow \frac{r}{d} = \frac{3 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = 0,2$$

$$\rightarrow \frac{D}{d} = \frac{2d}{d} = 2$$

$\rightarrow \alpha$ aus Diagrammen ablesen

$$\alpha_{kb} = 1,45$$

$$; \alpha_{kt} = 1,25$$

→ β berechnen

$$\beta_{kb} = \frac{\alpha_{kb}}{1 + \frac{SS}{Re} \sqrt{\frac{c}{r}}} = \frac{1,145}{1 + \frac{55}{275 \frac{N}{mm^2}} \sqrt{\frac{2}{3mm}}} = 1,246$$

$$\beta_{kt} = \frac{\alpha_{kt}}{1 + \frac{SS}{Re} \sqrt{\frac{c}{r}}} = \frac{1,125}{1 + \frac{55}{275 \frac{N}{mm^2}} \sqrt{\frac{1}{3mm}}} = 1,121$$

d) maximale Vergleichsspannungen:

$$\cdot \sigma_{bomax} = \alpha_{kb} \cdot \sigma_{bo} = 1,145 \cdot 55 \frac{N}{mm^2} = 79,75 \frac{N}{mm^2}$$

$$\cdot \tau_{tomax} = \alpha_{kt} \cdot \tau_{to} = 1,125 \cdot 78 \frac{N}{mm^2} = 97,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rightarrow \sigma_{vo} = \sqrt{\sigma_{omax}^2 + 3\tau_{omax}^2} = \sqrt{(79,75 \frac{N}{mm^2})^2 + 3 \cdot (97,5 \frac{N}{mm^2})^2} \\ = 186,76 \frac{N}{mm^2}$$

$$\cdot \sigma_{bamax} = \beta_{kb} \cdot \sigma_{ba} = 1,246 \cdot 55 \frac{N}{mm^2} = 68,53 \frac{N}{mm^2}$$

$$\cdot \tau_{tamax} = \beta_{kt} \cdot \tau_{ta} = 1,121 \cdot 5 \frac{N}{mm^2} = 5,605 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rightarrow \sigma_{va} = \sqrt{\sigma_{amax}^2 + 3\tau_{amax}^2} = \sqrt{(68,53 \frac{N}{mm^2})^2 + 3 \cdot (5,605 \frac{N}{mm^2})^2} \\ = 69,21 \frac{N}{mm^2}$$

e) vorhandene Sicherheit der Welle:

• Dauerbruch:

$$S_D = \frac{\sigma_{azul}}{\sigma_{va}} = \frac{\sigma_A \cdot b_0 \cdot b_s}{\sigma_{va}} = \frac{169 \frac{N}{mm^2} \cdot 0,97 \cdot 0,9}{69,21 \frac{N}{mm^2}} \\ = 2,13$$

→ ausreichend, da $S_D = 1,5 - 2,5$

• Fließen

$$S_F = \frac{Re}{\sigma_{vo}} = \frac{275 \frac{N}{mm^2}}{186,76 \frac{N}{mm^2}} = 1,47$$

→ ausreichend, da $S_F = 1,2 - 2$