



Name:

*Musterlösung*

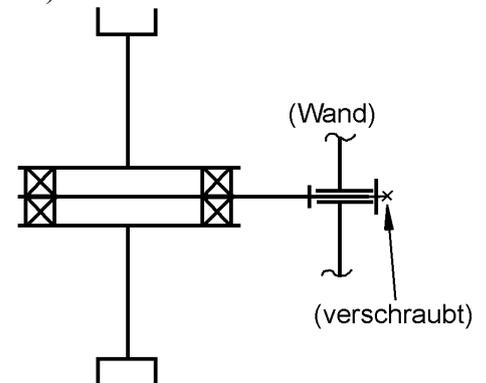
Matr.-Nr.:

	Teil 1	Teil 2	Σ
max. Punktzahl	13	17	30
erreichte Punktzahl			

**Aufgabe E GG Teil 1 (Umlenkrolle)**  
(Arbeitsblatt s. nächste Seite)

Eine Umlenkrolle (links, Profil der Lauffläche des Seils ist bereits vorgegeben) soll drehbar auf einer stillstehenden Achse gelagert sein. Die stillstehende Achse wird in die vorgegebene Bohrung der Wand eingesteckt und mittels einer großen Scheibe (rechts, bereits vorgegeben) und einer zentralen Schraube fixiert. Konstruieren Sie die Umlenkrolle mit Lagerung, Achse usw. auf dem beigefügten Blatt unter Berücksichtigung der folgenden Gestaltungskriterien (siehe Prinzipskizze):

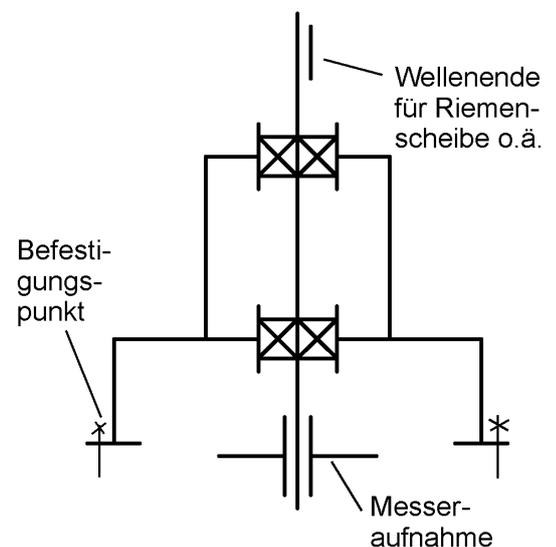
- Die Umlenkrolle soll als **Gussteil** gestaltet werden,
- es sollen Wälzlager mit Lebensdauerschmierung verwendet werden, d. h. eine zusätzliche Abdichtung ist nicht erforderlich; die Abmessungen der Lager sind zu schätzen,
- es muss eine **schwimmende Lagerung** konstruiert werden,
- die Verschraubung der Achse an die Wandhalterung muss vollständig dargestellt werden,
- erforderliches Spiel bzw. notwendige Spieleinstellungen sind deutlich darzustellen,
- die Darstellung der oberen Hälfte ist ausreichend.



**Aufgabe E GG Teil 2 (Rasenmäherwelle)**  
(Arbeitsblatt s. übernächste Seite)

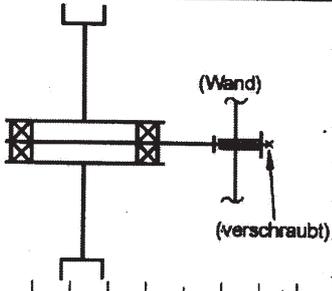
Es ist eine Welle mit Lagerung und Gehäuse für einen Rasenmäher (Aufsitzmäher) zu konstruieren. Am unteren Ende befindet sich die bereits dargestellte Befestigung des Messers. Das gesamte Gehäuse wird an den unten dargestellten Befestigungspunkten angeschraubt. Am oberen Wellenende wird eine nicht zu konstruierende Riemenscheibe für den Antrieb aufgesetzt, hierfür ist ein geeignetes Wellenende mit Passfeder vorzusehen. Konstruieren Sie die Anordnung unter Berücksichtigung der folgenden Gestaltungskriterien (siehe Prinzipskizze):

- Die Welle ist in einer **Fest-Los-Lagerung für hohe axiale und radiale Kräfte** zu lagern,
- die Lager sind **ölgeschmiert**, die Anordnung ist entsprechend abzudichten; die Abmessungen der Lager sind zu schätzen,
- auf das obere Wellenende soll eine Riemenscheibe o. ä. aufgesetzt werden können (Wellenende mit Passfeder); die Riemenscheibe o. ä. ist **nicht** zu konstruieren,
- das Gehäuse ist als **Schweißteil** zu konstruieren,
- Schraubenverbindungen brauchen nicht dargestellt zu werden, die Darstellung der Mittellinien genügt,
- die Darstellung der linken Hälfte ist ausreichend.

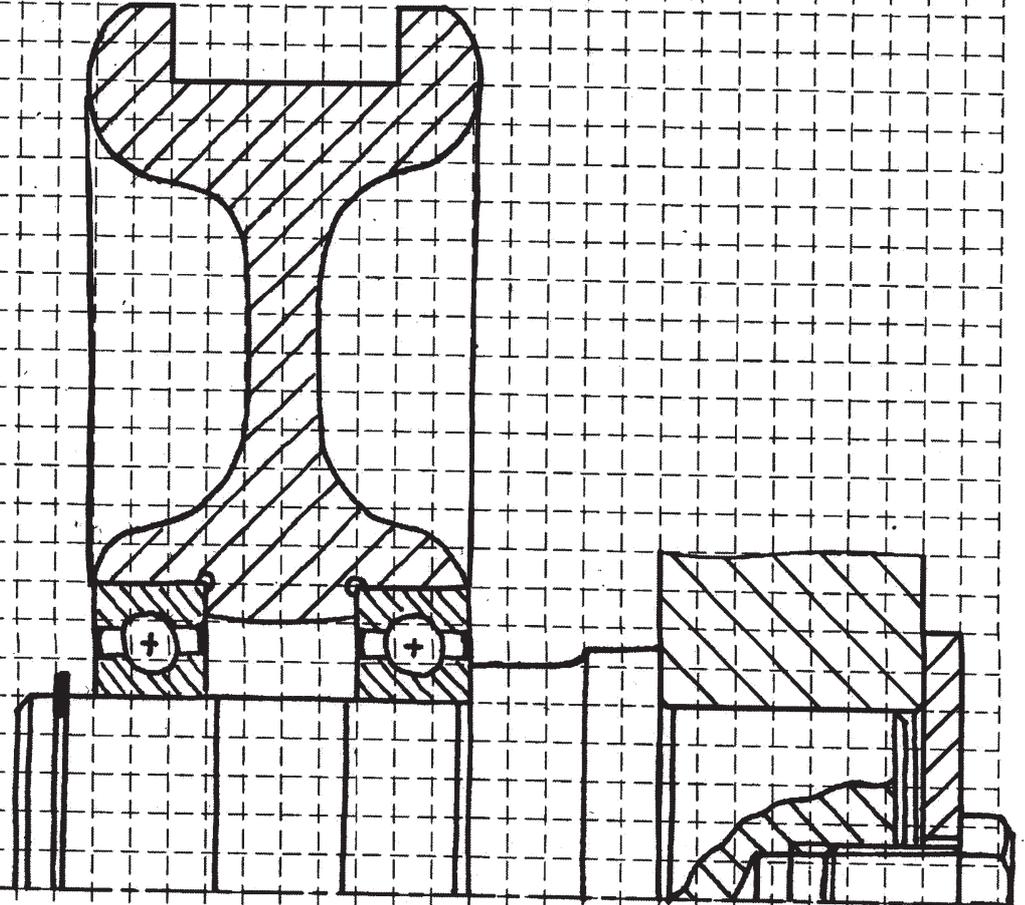


Name:

Matr.-Nr.:



Halbdarstellung  
 (obere Hälfte)  
 ausreichend!

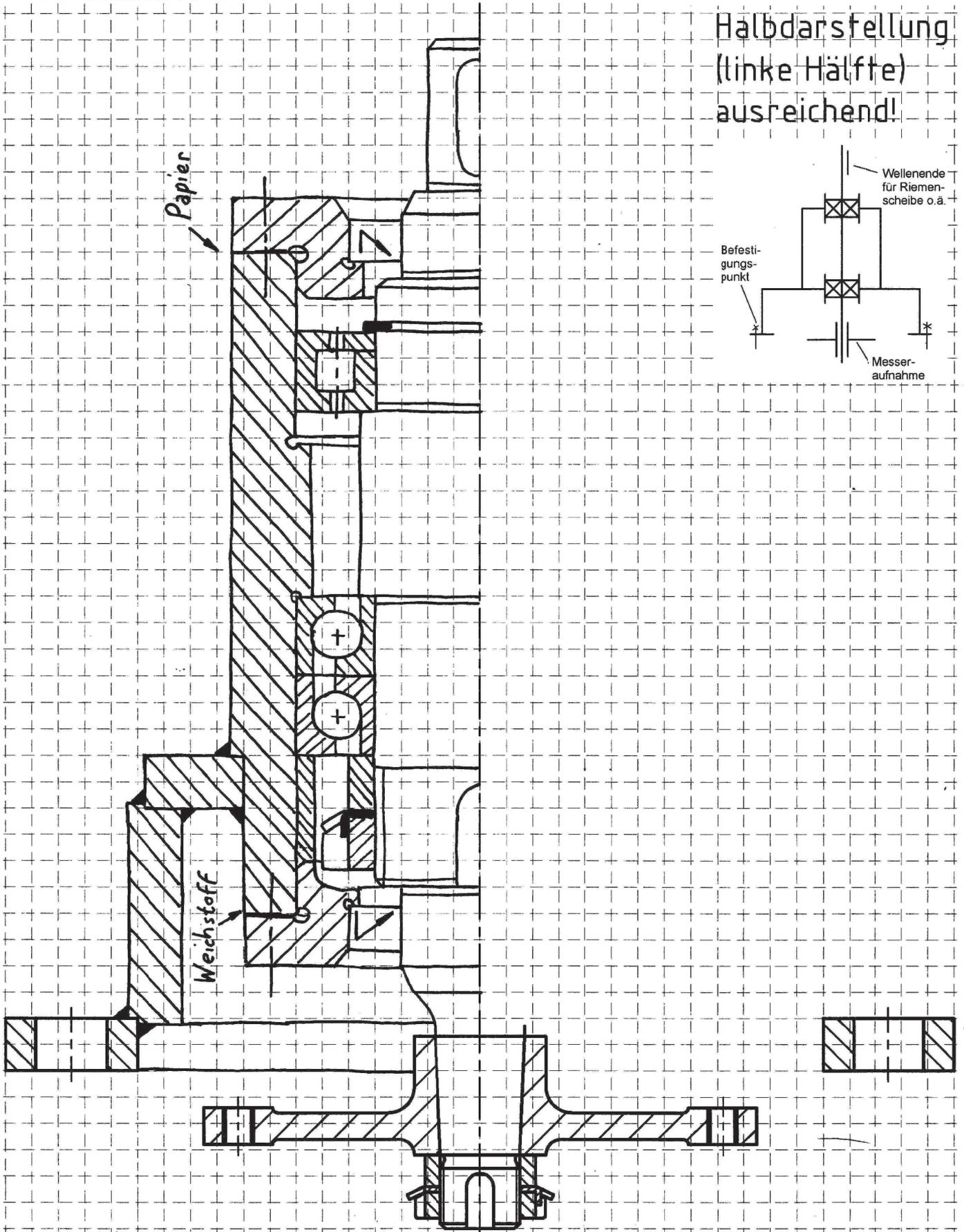


Ergänzende Anmerkungen:

- Die Länge der Passung ist auf die Lagerbreite begrenzt.
- Spiel überdeutlich dargestellt (tats. 0,5mm – 1mm)

Name:

Matr.-Nr.:



#### Ergänzende Anmerkungen:

- Schlecht demontierbar, Los-Lager nicht zerstörungsfrei demontierbar, ggf. Los-Lager Bauform NU verwenden, Nachteil: hoher konstruktiver Aufwand
- Bohrung in Vorlage zu groß, daher liegt die Schweißnaht sehr dicht an der Bohrung

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

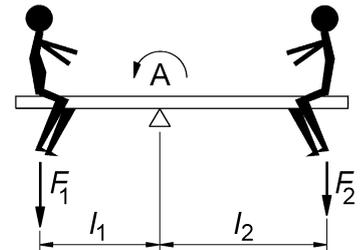
**Aufgabe E VE**

(Grundlagen der Festigkeitsberechnung)

	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Σ
max. Punktzahl	3	2	4	9
erreichte Punktzahl				

**Teil 1:**

Ein Vater von zwei Kindern möchte eine Kinderwippe bauen. Er möchte die Sitzflächen im Abstand von 3 m anbringen (die Gesamtlänge der Stange ist größer, beispielsweise 3,40 m). Ein Kind hat eine Masse von  $m_1 = 40$  kg, das andere hat eine Masse von  $m_2 = 35$  kg. Wie groß müssen die Abstände zum Drehpunkt ( $l_1, l_2$ ) gewählt werden?



**Aufgabenteil 1: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$l_{\text{Sitzabstand}} = 3 \text{ m}$$

$$m_1 = 40 \text{ kg}$$

$$m_2 = 35 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

**Formeln:**

$$M_b = m \cdot g \cdot l = \text{const.}$$

$$l_1 + l_2 = l_{\text{Sitzabstand}}$$

**Gleichung (1)**

**Gleichung (2)**

Aus **Gleichung (1)** ergibt sich:

$$m_1 \cdot g \cdot l_1 = m_2 \cdot g \cdot l_2$$

$$l_1 = \frac{l_{\text{Sitzabstand}} \cdot m_2}{m_1 + m_2} = 1,4 \text{ m}$$

Einsetzen von  $l_1$  in **Gleichung (2)**:

$$l_2 = l_{\text{Sitzabstand}} - l_1$$

$$l_2 = 3 \text{ m} - 1,4 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

Abstand  $l_1$  1400 mm

Abstand  $l_2$  1600 mm

**Teil 2:**

Bei einer ähnlichen Anordnung ist  $m_1 = m_2 = 50$  kg und  $l_1 = l_2 = 1,5$  m. An welcher Stelle tritt die höchste Belastung auf (d. h. an welcher Stelle würde die Wippe bei Überlastung brechen)? Kennzeichnen Sie die betreffende Stelle in der Skizze oben; benennen Sie die Art der Belastung und berechnen Sie ihre Größe (mit Einheiten).

**Aufgabenteil 2: insgesamt 2 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$l_{\text{Sitzabstand}} = 3 \text{ m}$$

$$m_1 = m_2 = 50 \text{ kg}$$

$$l_1 = l_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

**Formel(n):**

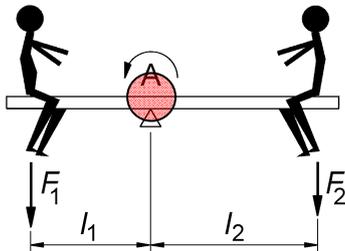
$$M_b = m \cdot g \cdot l$$

Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

I. Größte Belastung: Tritt in der Mitte der Wippe auf.



II. Art der Belastung: Biegemoment

III. Bestimmung des maximalen Biegemoments:

$$M_b = m_{1/2} \cdot g \cdot l_{1/2} = 750 \text{ Nm}$$

Falls  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  gewählt wurde: (Beide Ergebnisse sind zugelassen!)

$$M_b = m_{1/2} \cdot g \cdot l_{1/2} = 735,75 \text{ Nm}$$

Größe (m. Einh.):

**750 Nm bzw. 735,75 Nm**

### Teil 3:

Es stehen für die Anordnung nach Teil 2 zwei Stangen aus Stahl zur Verfügung, nämlich ein Rundstahl mit dem Durchmesser 35 mm und ein Rechteckstahl mit einer Breite von 20 mm und einer Höhe von 40 mm. Welche der Stangen ist besser geeignet, wenn die Spannung an der höchstbelasteten Stelle 150 N/mm<sup>2</sup> nicht überschreiten soll?

### Aufgabenteil 3: insgesamt 4 Punkte

#### Lösung: gegebene Daten:

$$\sigma_{zul} = 150 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Rundstahl: } \varnothing = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Rechteckstahl: } b = 20 \text{ mm}$$

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

Vergleich kann sowohl über die Spannung  $\sigma_b$  als auch über das zulässige Biegemoment  $M_{b, zul}$  erfolgen!

**Allein die Bestimmung des Biege­wider­stands­mo­men­tes  $W_b$  reicht nicht aus, denn hier wird die zulässige Spannung nicht beachtet, sondern nur die Profile miteinander verglichen.**

I. Bestimmung des Biege­wider­stands­mo­men­tes  $W_b$ :

$$W_{b, \text{Rund}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 4209 \text{ mm}^3$$

$$W_{b, \text{Rechteck}} = \frac{b \cdot h^2}{6} = 5333 \text{ mm}^3$$

 technische universität dortmund Fakultät Maschinenbau Maschinenelemente Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Maschinenelemente I</b>  Fachprüfung	Kl. EI 10.08
		Blatt 6 v. 10 Name: Künne/Mitarbeiter
Name: <b>Musterlösung</b>		Matr.-Nr.: -----

Vergleich kann sowohl über  $\sigma_b$  als auch über  $M_{b, zul}$  erfolgen:

II. Vergleich über  $\sigma_b$ :

$$\begin{array}{ll}
 \sigma_{b, \text{Rund}} (M_b = 750 \text{ Nm}) = 178,19 \text{ N/mm}^2 & \sigma_{b, \text{Rund}} > \sigma_{zul} \\
 \sigma_{b, \text{Rund}} (M_b = 735,75 \text{ Nm}) = 174,8 \text{ N/mm}^2 & \sigma_{b, \text{Rund}} > \sigma_{zul} \\
 \sigma_{b, \text{Rechteck}} (M_b = 750 \text{ Nm}) = 140,6 \text{ N/mm}^2 & \sigma_{b, \text{Rund}} < \sigma_{zul} \\
 \sigma_{b, \text{Rechteck}} (M_b = 735,75 \text{ Nm}) = 137,96 \text{ N/mm}^2 & \sigma_{b, \text{Rund}} < \sigma_{zul}
 \end{array}$$

Der Vergleich der vorhandenen Biegespannungen zeigt, dass der Rundstahl nicht geeignet ist, da die zulässige Spannung von  $150 \text{ N/mm}^2$  überstiegen wird.

II. Vergleich über  $M_{b, zul}$ :

$$\begin{array}{ll}
 M_{b, zul} (\text{Rund}) = \sigma_{zul} \cdot W_b = 631,35 \text{ Nm} & M_{b, zul} < M_{b, \text{vorh.}} \\
 M_{b, zul} (\text{Rechteck}) = \sigma_{zul} \cdot W_b = 800 \text{ Nm} & M_{b, zul} > M_{b, \text{vorh.}}
 \end{array}$$

Der Vergleich des zulässigen Biegemomentes zeigt, dass der Rundstahl nicht geeignet ist, da das vorhandene Biegemoment von  $750 \text{ N/mm}^2$  bzw.  $735,75 \text{ N/mm}^2$  überstiegen wird.

Als Hilfsmittel: Formeln (Auszug aus dem Skript):

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} \qquad \sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \qquad W_b = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \text{ bzw. } W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} \qquad W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

**Erfolgt keine Angabe des Rechenweges: 1 Punkt für das richtige Ergebnis.  
Falsche oder keine Angabe der Einheit, wenn erforderlich, -0.25 Punkte Abzug.**

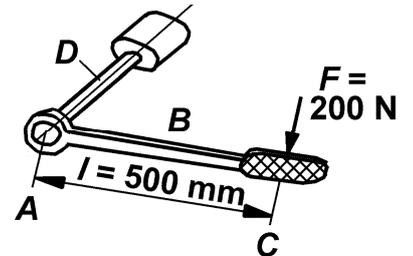
Name: <b style="color: red;">Musterlösung</b>	Matr.-Nr.: -----
---	------------------

**Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)**

	Teil 1	Teil 2	Teil 3	Teil 4	Σ
max. Punktzahl	3	1	4	5	13
erreichte Punktzahl					

**Teil 1:**

Ein Automechaniker löst die Muttern eines Rades mittels einer Knarre für Steckschlüsseleinsätze, s. rechts. Wie groß ist das Biegemoment in dem Hebelarm an den Stellen *A* (Mitte Steckschlüssel), *B* (Mitte Hebelarm), *C* (rechtes Ende, Kraftangriffspunkt)?



**Aufgabenteil 1: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned}
 F &= 200 \text{ N} \\
 l_{a,B} &= 500 \text{ mm} \\
 l_{a,C} &= 250 \text{ mm} \\
 l_{a,A} &= 0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Formeln:**

$$M_b = F \cdot l$$

**Die Angabe des Rechenweges ist bei dieser Teilaufgabe nicht erforderlich gewesen!**

$$M_{b,A} = F \cdot l_a = 100 \text{ Nm}$$

$$M_{b,B} = F \cdot l_b = 50 \text{ Nm}$$

$$M_{b,C} = F \cdot l_c = 0 \text{ Nm}$$

Biegemoment im Punkt *A*  
(mit Einheit)

100 Nm

Biegemoment im Punkt *B*  
(mit Einheit)

50 Nm

Biegemoment im Punkt *C*  
(mit Einheit)

0 Nm

**Teil 2:**

Welches Drehmoment wird in den Aufsatz zum Lösen der Schrauben eingeleitet? Die relevanten Werte sind der Zeichnung zu entnehmen.

**Aufgabenteil 2: insgesamt 1 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned}
 F &= 200 \text{ N} \\
 l_a &= 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Formeln:**

$$T = F \cdot l_a$$

$$T = F \cdot l_a = 100 \text{ Nm}$$

Drehmoment

100 Nm

 technische universität dortmund Fakultät Maschinenbau Maschinenelemente Prof. Dr.-Ing. B. Künne	<b>Maschinenelemente I</b>  Fachprüfung	Kl. EI 10.08
		Blatt 8 v. 10 Name: Künne/Mitarbeiter
Name: <b>Musterlösung</b>		Matr.-Nr.: -----

**Teil 3:**

Bei einer ähnlichen Anordnung wirkt im Hebelarm der Knarre ein maximales Biegemoment von 140 Nm. Wie groß ist die größte Biegespannung im Hebelarm, wenn es sich um einen runden Querschnitt mit einem Durchmesser von 20 mm handelt?

**Aufgabenteil 3: insgesamt 4 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned} \varnothing &= 20 \text{ mm} \\ M_b &= 140 \text{ Nm} \end{aligned}$$

**Formeln:**

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \quad \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$W_b = \frac{\pi \cdot 20^3 \text{ mm}^3}{32} = 785,3982 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{140 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{785,3982 \text{ mm}^3} = 178,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Biegespannung  
(mit Einheit)

<b>178,3 N/mm<sup>2</sup></b>
-------------------------------

**Teil 4:**

Bei einer ähnlichen Anordnung wirkt in der Welle (Steckschlüssel-Verlängerung, Stelle D) ein maximales Drehmoment von 160 Nm. Wie groß muss der Durchmesser mindestens sein, damit die Torsionsspannung nicht größer als 50 N/mm<sup>2</sup> wird?

**Aufgabenteil 4: insgesamt 5 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$\begin{aligned} M_{b, \max} &= 160 \text{ Nm} \\ \tau_t &= 50 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**Formeln:**

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} \quad W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

$$W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{T}{\tau_t} = \frac{160 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3200 \text{ mm}^3$$

$$d^3 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_t}{\pi}} = 25,35 \text{ mm}$$

Minstdurchmesser  
(mit Einheit)

<b>25,35 mm</b>
-----------------

Als Hilfsmittel: Formeln (Auszug aus dem Skript):

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} \quad \sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad W_b = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \quad W_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3$$

**Erfolgt keine Angabe des Rechenweges: 1 Punkt für das richtige Ergebnis.**

**Falsche oder keine Angabe der Einheit, wenn erforderlich, -0.25 Punkte Abzug.**

Name: **Musterlösung**

Matr.-Nr.: .....

**Aufgabe E WN (Passfederverbindung)**

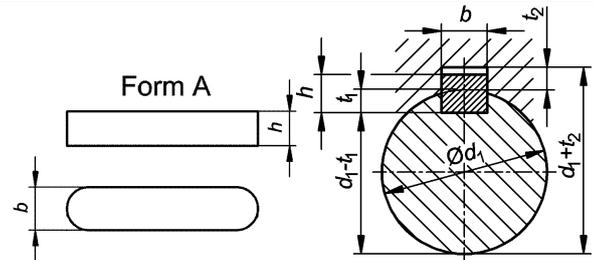
	Teil 1	Teil 2	Σ
max. Punktzahl	5	3	8
erreichte Punktzahl			

**Teil 1:**

Legen Sie für die folgenden Daten eine Passfeder Form A aus; geben Sie deren Bezeichnung (*Breite×Höhe×Länge*) an. (Formeln und Tabellen s. unten)

Gegeben:  $T = 200 \text{ Nm}$  = zu übertragendes Drehmoment  
 $d = 40 \text{ mm}$  = Durchmesser der Welle  
 $p = 90 \text{ N/mm}^2$  = zulässige Flächenpressung

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{\text{zul}}$$



Passfederquerschnitt	h9	b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
Wellendurchmesser $d_1$	über	$d_1$	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130
	bis	$d_1$	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150
Wellennuttiefe	$t_1$		1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11	12	
	zul. Abw.				+0,1					+0,2						+0,3			
Nabennuttiefe mit Rückenspiel	$t_2$		1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4	8,4
	zul. Abw.			+0,1						+0,2						+0,3			
Passfederlänge	von	bis	6	6	8	10	14	18	22	28	36	45	50	56	63	70	80	90	100
			20	36	45	56	70	90	110	140	160	180	200	220	250	280	320	360	400

Stufung der Passfederlängen										Längentoleranz				
										Passfeder	Nut			
6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	-0,2	+0,2		
32	36	40	45	50	56	63	70	80			-0,3	+0,3		
90	110	125	140	160	180	200	220	250	280	320	360	400	-0,5	+0,5

**Aufgabenteil 1: insgesamt 5 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$T = 200 \text{ Nm}$   
 $d_{\text{Welle}} = 40 \text{ mm}$   
 $p_{\text{zul}} = 90 \text{ N/mm}^2$

**Formeln:**

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{\text{zul}}$$

$$l = l_{\text{ges}} - b \quad (l = \text{tragende Länge})$$

I. Werte aus Tabelle bei  $d_{\text{Welle}} = 40 \text{ mm}$

$b = 12 \text{ mm}$   
 $h = 8 \text{ mm}$

II. Bestimme  $l$  aus Formel:  $l \geq \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot p_{\text{zul}} \cdot z \cdot \varphi} = 37,04 \text{ mm}$

II. Bestimme  $l_{\text{ges, min}}$ :  $l_{\text{ges, min}} = l + b = 49,037 \text{ mm}$

III. wähle  $l_{\text{ges}} = 50 \text{ mm}$  (Nächste Stufung nach 45 mm!)

Breite×Höhe×Länge **12 x 8 x 50**

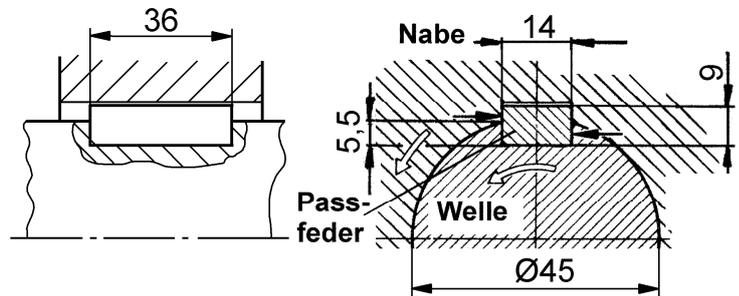
Name:

**Musterlösung**

Matr.-Nr.:

**Teil 2: insgesamt 3 Punkte**

Bei der dargestellten Passfederverbindung wird die Länge der Passfeder von bisher 36 mm auf 80 mm erhöht werden. Um welchen Faktor vergrößert sich das übertragbare Drehmoment (bei gleicher Flächenpressung)? Bitte den Lösungsweg angeben!



**Aufgabenteil 2: insgesamt 3 Punkte**

**Lösung: gegebene Daten:**

$$T = 200 \text{ Nm}$$

$$l_{\text{vor}} = 36 \text{ mm}$$

$$l_{\text{nach}} = 80 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Welle}} = 45 \text{ mm}$$

$$p_{\text{zul}} = 90 \text{ N/mm}^2$$

**Formeln:**

$$p = \frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l \cdot z \cdot \varphi} \leq p_{\text{zul}}$$

$$l = l - b \quad (l = \text{tragende Länge})$$

I. Werte aus Tabelle bei  $d_{\text{Welle}} = 45 \text{ mm}$

$$b = 14 \text{ mm}$$

$$h = 9 \text{ mm}$$

II. Bestimme Faktor aus:

$$\frac{p_{\text{zul,alt}}}{p_{\text{zul,neu}}} = \frac{\frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_{\text{alt}} \cdot z \cdot \varphi}}{\frac{2 \cdot T}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_{\text{neu}} \cdot z \cdot \varphi}}$$

$$= \frac{l_{\text{neu}}}{l_{\text{alt}}} = \frac{(36 - 14) \text{ mm}}{(80 - 14) \text{ mm}} = 1/3$$

Das Drehmoment vergrößert sich, daher muss der Faktor 3 (Kehrwert) sein.

Faktor

**3**