


Klausurdeckblatt



Matrikel – Nr.:

--	--	--	--	--	--	--	--

Bitte tragen Sie ihre Matrikelnummer und ihren Namen in die dafür vorgesehenen Felder ein. Bitte in deutlicher Handschrift mit einem schwarzen Stift (nicht Bleistift)
Das Feld mit dem Barcode ist unbedingt frei zu lassen.

Vorname:	Musterlösung
Nachname:	

Danke.

FACHPRÜFUNG



Fakultät Maschinenbau
Fachbereich Maschinenelemente
Prof. Dr.-Ing. B. Künne

MASCHINENELEMENTE I

10. März 2010 - 09:00 bis 10:30 Uhr (90 Minuten)

Umfang: $\Sigma = 60$ Punkte

Die Klausur ist bestanden, wenn die Punktezahl nicht weniger als 50 Punkte betragen.

Die Musterlösung ist in bestimmten Teilbereichen sehr ausführlich

zur Bearbeitung:

Alle Blätter sind mit dem Namen und der Matrikel-Nr. zu beschriften. Bei fehlender Beschriftung werden die Aufgaben ggf. nicht bewertet. Alle Aufgaben sind auf den Aufgabenblättern zu bearbeiten. Die Blätter der Blattbindungen ist untersagt. Für eventuelle Nebenblätter sind keine Blätter zu verwenden. Zusätzliche Blätter sind nicht zulässig.

dies dient dem Zwecke das Selbststudium zu erleichtern.

Bitte die Ergebnisse der Berechnungen in das vorgesehene Lösungskästchen, zusätzlich muss der Lösungsweg nachvollziehbar sein; das Ergebnis alleine ist nicht ausreichend. Die Konstruktionsaufgabe ist freihändig mit einem Bleistift zu lösen.

Zugelassene Hilfsmittel: Keine (außer Taschenrechner, Schreib- und Zeichenwerkzeug)

Bewertung: (Nicht vom Bearbeiter auszufüllen)

E GG	E VE	E AW	E WN	Σ
Pmax	Pmax	Pmax	Pmax	Pmax
30	7	15	8	60

Geändert!!!!
54 zu erreichen d.h. Sieg mit 21,6 Punkten

Geändert!!!!
9 statt 15

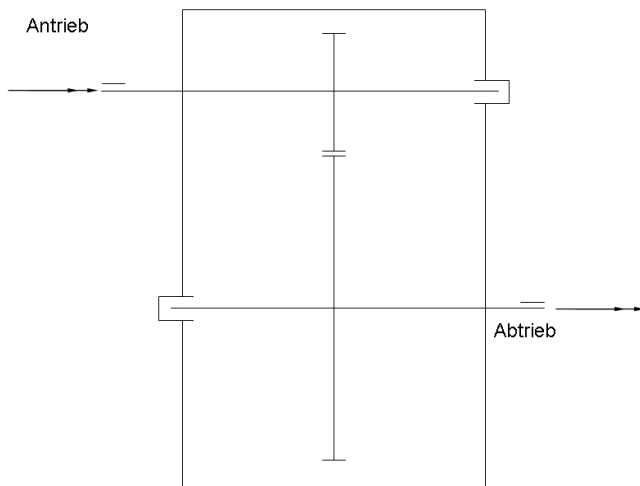
Name: Musterlösung	Matr.-Nr.: -----
--	------------------

Aufgabe E GG (Getriebegestaltung)

	Σ
max. Punktzahl	30
erreichte Punktzahl	

Eine Poliermaschine soll mittels eines Elektromotors angetrieben werden. Um die hohe Drehzahl des E-Motors zu verringern ist ein kleines Getriebe notwendig. Dieses ist von Ihnen auf dem beigefügten Blatt mit folgenden Gestaltungskriterien darzustellen:

- der Antrieb erfolgt links, oben und der Abtrieb rechts, unten, siehe **Prinzipskizze, Bild 1**
- E-Motor und Polierbürste müssen **nicht** mitgestaltet werden
- das Getriebe ist ölgeschmiert und das Gehäuse öldicht zu gestalten, verwenden Sie zum abdichten nach außen einen RWDR der Maße nach DIN 3760 A, 25x40x7
- das Gehäuse ist als **Schweißkonstruktion** auszuführen, eine Wandstärke von 5 mm ist ausreichend
- lediglich die Lager der offenen Wellenenden müssen zu Wartungszwecken von außen zugänglich sein, bei den anderen Lagern ist **kein** Deckel notwendig
- Füße müssen **nicht** gezeichnet werden
- die Öl-Einlass und –Ablassschrauben sind darzustellen, die restlichen Schraubenverbindungen müssen **nicht** explizit dargestellt werden, sondern können als Mittellinien angedeutet werden
- die Eingangswelle ist mit einer **Fest-Los-Lagerung** zu gestalten, die Abtriebswelle mit einer **Trag-Stütz-Lagerung** in **X-Anordnung**
- zur Verdeutlichung ist der Kraftfluss der Trag-Stütz-Lagerung in die Zeichnung einzuzeichnen
- machen Sie ggf. die notwendigen Spieleinstellungen der Lager in Ihrer Zeichnung deutlich
- für die Lagerung der Wellen sind die Lager **7206B**, **TVP** und **6007** zu verwenden, siehe **Tabelle 1**
- die Zahnräder sind geeignet mit den Wellen zu verbinden
- bei der Antriebswelle handelt es sich um eine Ritzelwelle
- das Zahnrad der Abtriebswelle ist axial mittels Wellenmutter festzulegen
- achten sie auf die Montierbarkeit des Getriebes



Schrägkugellager nach DIN 628			
Abmessung in mm			Kurzzeichen
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	Lager
30	62	16	7206B, TVP
Rillenkugellager nach DIN 625			
Abmessung in mm			Kurzzeichen
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	Lager
35	62	14	6007

Tabelle 1 Zusammenstellung der Abmessungen und Lager-Kurzzeichen

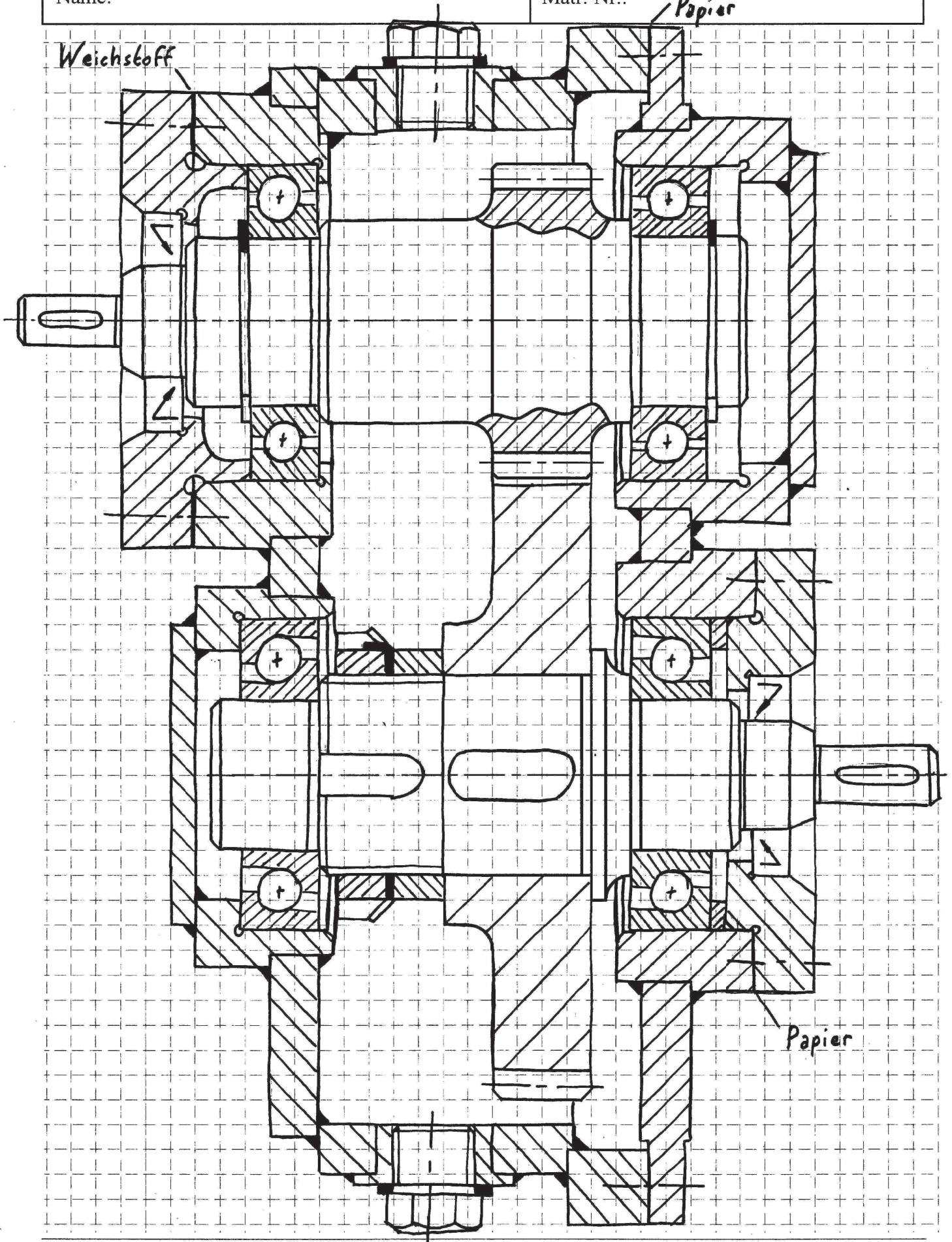
Bild 1 Prinzipskizze des Getriebes

Name:

Matr.-Nr.:

Papier

Weichstoff



Ergänzende Anmerkungen:

- Spieleinstellung der Trag-Stütz-Lager in X- Anordnung erfolgt über eine Distanzbuchse (rekonstruierbare Spieleinstellung)
- Ausbruch der Ritzelwelle (Zähne) zeichnerisch so nicht korrekt vorgegeben. Die Ausbruchslinie müsste eine schmale Freihandlinie sein.
- Fest-Lager nicht im großen Deckel. Es ist dennoch zerstörungsfrei demontierbar, da der Absatz zum Ritzel lang genug ist, um dieses herauszuschieben.

Name: Musterlösung	Matr.-Nr.: -----
---------------------------	------------------

Aufgabe E VE 1 (Versagekriterien)

Teilaufgabe	E-VE 1	E-VE 2	Σ
max. Punktzahl	4	3	7
erreichte Punktzahl			

VE1.1 Die Einteilung der Beanspruchung erfolgt nach Art und Richtung der äußeren Einwirkung (Kräfte und Momente). Welche Beanspruchungsarten kennen Sie, nennen Sie die vier wichtigsten.

Lösung:

1.	Zug/Druck
2.	(Ab-) Scherung
3.	Biegung
4.	Verdrehung / Torsion
(5.)	(Knickung)

VE1.2 Was wird allgemein unter Hertz'scher Pressung verstanden?


Lösung Bei der Hertz'schen Pressung handelt es sich um die Pressung zwischen 2 Körpern mit *unterschiedlicher Krümmung* entsteht.

VE1.3 Was gibt die Festigkeit eines Werkstoffes/Materials an?

Lösung Gibt die *Höhe der möglichen Belastbarkeit ohne plastische Verformung* an.

oder

Unter der Festigkeit wird der *Widerstand* verstanden, welchen ein Material einer *Formveränderung* entgegensetzt, die zum *Bruch* des Werkstoffes führt.

	technische universität dortmund Fakultät Maschinenbau Maschinenelemente Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Maschinenelemente I Fachprüfung	Kl. EI 10.03
			VE Blatt 2 v. 2 Name: Künne/Mitarbeiter
Name: Musterlösung		Matr.-Nr.: -----	

Aufgabe E VE 2 (Versagekriterien)

VE2.1 Worum handelt es sich beim E-Modul?

Lösung E-Modul = Elastizitätsmodul
 Hierbei handelt es sich um das *Verhältnis* von *Spannung* zu *Verformung*.

$$E = \frac{\sigma_{z/d}}{\varepsilon} = \frac{F}{A\varepsilon}$$

auch:

- möglicher Grad der Verformung bevor Bruch einsetzt
- Steigung im Spannungs-Dehnungsdiagramm

VE2.2 Bei einem Versuch werden zwei Bauteile mit gleicher Geometrie, aber aus unterschiedlichen Werkstoffen mit der gleichen Zugkraft belastet. Der E-Modul E_1 des ersten Werkstoffes ist höher als der des zweiten Werkstoffes ($E_1 > E_2$). Was bedeutet das für die Verformung der beiden Werkstücke?

Lösung Beim zweiten Werkstück wird, durch den geringeren Elastizitätsmodul E_2 , *weniger Widerstand* entgegen gesetzt, es verformt sich somit *schneller/eher*.

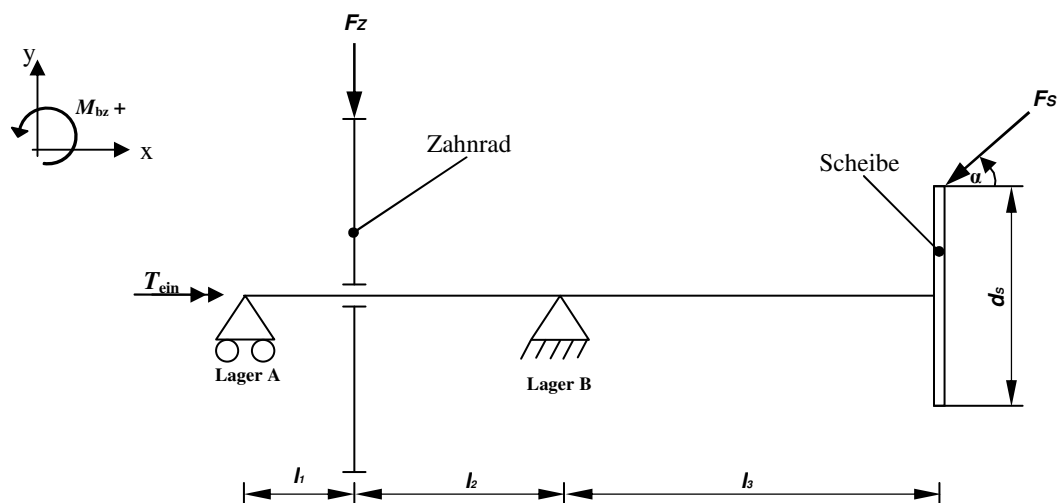
Merke: Je höher der E-Modul, desto mehr Widerstand wird einer Verformung entgegengesetzt.

Aufgabe E AW (Achsen und Wellen)

	Σ
max. Punktzahl	15
erreichte Punktzahl	

An eine Stahl-Scheibe muss eine Fase angebracht werden. Da aber die Drehbank zurzeit defekt ist, baut der Werkstattleiter auf die Schnelle selbst eine geeignete Vorrichtung. Im Lager findet er eine Welle, zwei Zahnräder, einen ausrangierten, aber noch funktionsfähigen Elektromotor und zwei Rillenkugellager. Die Fest-Los gelagerte Welle wird mithilfe des Elektromotors und der Zahnräder angetrieben. Am rechten Wellenende kann die Scheibe, an die die Fase angebracht werden soll, befestigt werden. Der Werkstattleiter entscheidet sich die Fase mit der Handschleifmaschine (Flex) anzubringen. Die durch die Handschleifmaschine aufgeprägte Schleifkraft F_S greift im 45° Winkel an der Scheibe an, siehe Skizze. Das Gewicht von Welle, Zahnrad und Scheibe ist vernachlässigbar.

Skizze:



Folgende Daten sind gegeben:

Leistung P_M der E-Motors	3 kW
Torsionsmoment T_{ein}	19,1 Nm
Zahnkraft F_Z	320 N
l_1	100 mm
l_2	200 mm
l_3	300 mm
Aufgeprägte Schleifkraft F_S	$100\sqrt{2}$ N
Durchmesser der Scheibe d_S	200 mm
Angriffswinkel der Schleifkraft α	45°
Loslager	Lager A
Festlager	Lager B

Name:

Musterlösung

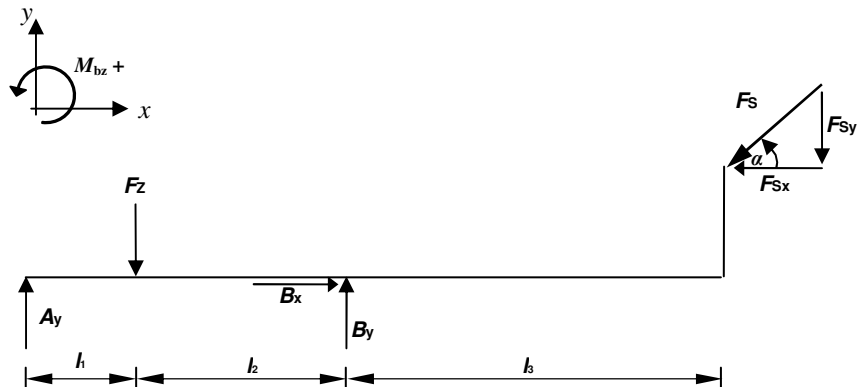
Matr.-Nr.:

a) Bestimmen Sie die Kräfte in den Lagern A und B.

Aufgabenteil a:

Lösung gegebene Daten: Freikörperbild:

$F_Z = 320 \text{ N}$
 $F_S = 100\sqrt{2} \text{ N}$
 $d_S = 200 \text{ mm}$
 $l_1 = 100 \text{ mm}$
 $l_2 = 200 \text{ mm}$
 $l_3 = 300 \text{ mm}$
 $\alpha = 40^\circ$



Ermittlung der Auflagerreaktionen:

Kräftegleichgewicht:

$$\sum F_x = 0 = B_x - F_{Sx}$$

$$\sum F_y = 0 = A_y - F_Z + B_y - F_{Sy}$$

$$\sum M_B = 0 = -A_y(l_1 + l_2) + F_Z l_2 - F_{Sy} l_3 + F_{Sx} l_1$$

$$B_x = F_{Sx}$$

$$A_y = (F_Z l_2 - F_{Sy} l_3 + F_{Sx} l_1) \frac{1}{(l_1 + l_2)}$$

$$B_y = -A_y + F_Z + F_{Sy}$$

$$B_x = 100 \text{ N}$$

$$A_y = \frac{440}{3} = 146,67 \text{ N}$$

$$B_y = \frac{820}{3} = 273,33 \text{ N}$$

b) Bestimmen Sie die Verläufe von Quer- und Normalkraft sowie vom Biegemoment. Tragen Sie sie anschließend in das beigefügte Diagramm ein.

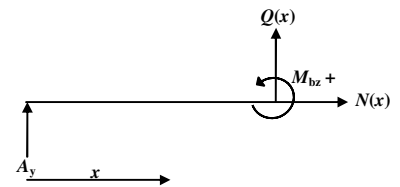
Aufgabenteil b:

Lösung bekannte Daten:

$A_y = 146,67 \text{ N}$	$F_Z = 320 \text{ N}$	$d_s = 200 \text{ mm}$
$B_x = 100 \text{ N}$	$F_S = 100 \sqrt{2} \text{ N}$	$l_1 = 100 \text{ mm}$
$B_y = 273,33 \text{ N}$	$F_{Sx} = 100 \text{ N}$	$l_2 = 200 \text{ mm}$
$\alpha = 40^\circ$	$F_{Sy} = 100 \text{ N}$	$l_3 = 300 \text{ mm}$

1. Schnittufer $0 < x < 100 \text{ mm}$

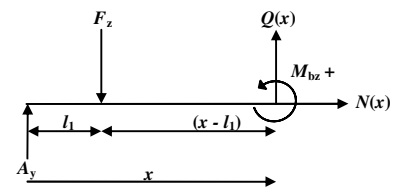
	$x = 0 \text{ m}$	$x = 0,1 \text{ m}$
$N(x) = 0$	0 N	0 N
$Q(x) = -A_y$	- 146,67 N	- 146,67 N
$M_{bz}(x) = A_y \cdot x$	0 Nm	14,67 Nm



1,5 P

2. Schnittufer $100 < x < 300 \text{ mm}$

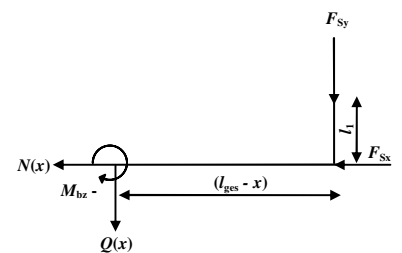
	$x = 0,1 \text{ m}$	$x = 0,3 \text{ m}$
$N(x) = 0$	0 N	0 N
$Q(x) = F_Z - A_y$	- 173,33 N	- 173,33 N
$M_{bz}(x) = A_y \cdot x - F_Z \cdot (x - l_1)$	14,67 Nm	-20 Nm




1,5 P

3. Schnittufer $300 < x < 600 \text{ mm}$

	$x = 0 \text{ m}$	$x = 0,1 \text{ m}$
$N(x) = -F_{Sx}$	- 100 N	- 100 N
$Q(x) = -F_{Sy}$	- 100 N	- 100 N
$M_{bz}(x) = F_{Sy} \cdot (l_{ges} - x) + F_{Sy} \cdot l_1$	- 20 Nm	10 Nm



1,5 P

 technische universität dortmund Fakultät Maschinenbau Maschinenelemente Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Maschinenelemente I Fachprüfung	Kl. EI 10.03
		AW Blatt 4 v.5 Name: Künne/Mitarbeiter
Name: Musterlösung		Matr.-Nr.:-----

- c) Wie groß ist das maximale Biegemoment betragsmäßig und an welcher Stelle l ist es zu finden? Welche Stelle schätzen Sie anhand der Kraft- und Momentenverläufe als am ehesten bruchgefährdet ein? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.

Aufgabenteil c:

Lösung I maximales Biegemoment:

$$M_{b,max} = 20 \text{ Nm}$$

Das maximale Biegemoment ist an der Stelle 3, bei $l = 300\text{mm}$ zu finden!

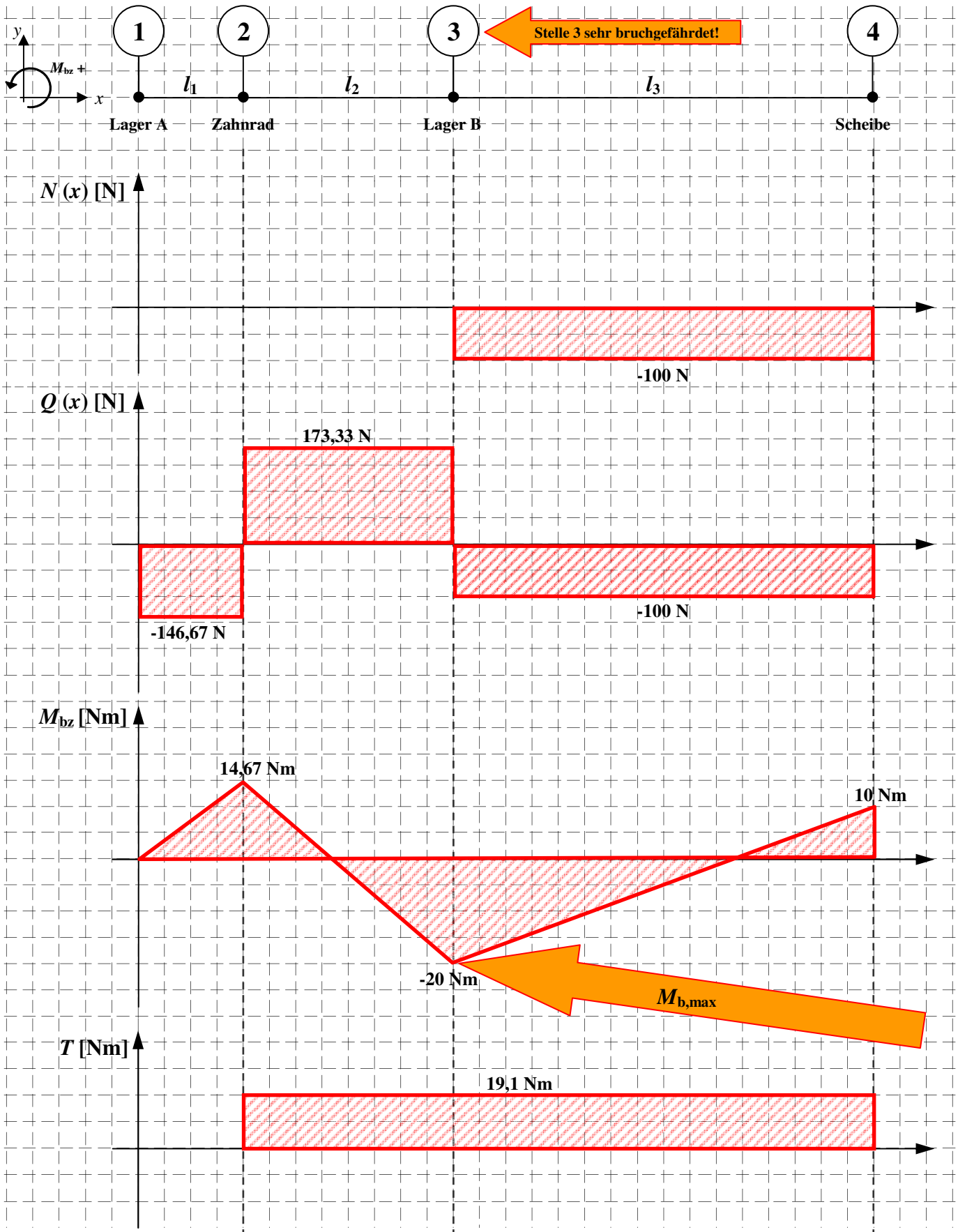
II am ehesten bruchgefährdet:

Am ehesten bruchgefährdet ist die Welle an **Stelle 3**, denn dort ist nicht nur das Biegemoment maximal, sondern auch die Querkraft. Normalkraft und Torsionsmoment sind dort ebenfalls vorzufinden.

Name:

Musterlösung

Matr.-Nr.:

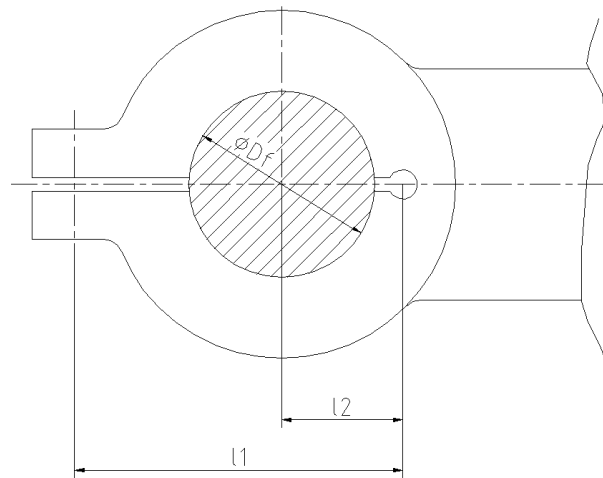


Name: Musterlösung	Matr.-Nr.: -----
---------------------------	------------------

Aufgabe E WN 1 (Klemmverbindung)

Teilaufgabe	E-WN 1	E-WN 2	Σ
max. Punktzahl	4	4	8
erreichte Punktzahl			

Dargestellt ist eine geschlitzte Klemmverbindung.



Die Werkstoffpaarung ist Stahl auf Stahl, die Verbindung ist geölt, die weiteren Abmessungen lauten wie folgt:

Schraubenanzahl $n = 2$
 Wellendurchmesser $D_f = 30 \text{ mm}$
 $l_1 = 64 \text{ mm}$
 $l_2 = 20 \text{ mm}$

- a) Wie groß muss die Schraubenkraft F_S im *ungünstigsten* Fall mindestens sein, um bei einem zu übertragenden Drehmoment von $T = 100 \text{ Nm}$ ein Durchrutschen der Verbindung zu verhindern? Beachten Sie bei dem angegebenen Torsionsmoment eine Sicherheit von $S = 1,2$. Aus Tabellen entnommene Daten sind zu markieren bzw. in der Tabelle selbst zu kennzeichnen.


Aufgabenteil a:

Lösung gegebene Daten:

$T = 100 \text{ Nm}$ $l_2 = 20 \text{ mm}$
 $S = 1,2$ $D_f = 30 \text{ mm}$
 $l_1 = 64 \text{ mm}$ $n = 2$

Formeln:

$$F_S \geq \frac{T \cdot l_2 \cdot S}{\mu \cdot n \cdot D_f \cdot l_1}$$

	technische universität dortmund Fakultät Maschinenbau Maschinenelemente Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Maschinenelemente I Fachprüfung	Kl. EI 10.03 WN Blatt 2 v. 4 Name: Künne/Mitarbeiter
	Name: Musterlösung		Matr.-Nr.: -----

aus Diagrammen entnommene Werte:

$\mu = 0,05$ (ungünstigster Fall/schlechtes μ - rutscht!!!)

$$F_S \geq \frac{100.000 \text{ Nmm} \cdot 20}{0,05 \cdot 2 \cdot 30 \text{ mm} \cdot 64} \cdot 64 \text{ mm} \cdot 1,2 \geq 12500 \text{ N}$$

Falsches μ : **0,5 Punkte** Abzug!
 Sicherheit nicht beachtet: **0,25 Punkte** Abzug
 Beide Größen vergessen: **0 Punkte** erreicht

- b) Bestimmen Sie die Axialkraft F_{axial} die zugehörige Reibkraft F_R sowie die Normalkraft F_N für den Fall, dass $F_S = 10000 \text{ N}$ ist und die Verbindung aus a) einer Werkstoffpaarung St/Ms besteht und nicht geölt ist. Nehmen Sie $\mu_{\text{trocken}} = 0,1$ an.

Aufgabenteil b:

Lösung **gegebene Daten:**

$$\begin{array}{ll}
 F_S = 10000 \text{ N} & l_2 = 20 \text{ mm} \\
 T = 100 \text{ Nm} & l_1 = 64 \text{ mm} \\
 S = 1,2 & D_F = 30 \text{ mm} \\
 \mu_{\text{trocken}} = 0,1 & n = 2
 \end{array}$$

Formeln:

$$\begin{array}{l}
 F_N = n \cdot F_S \cdot \frac{l_1}{l_2} \\
 F_R = \mu \cdot F_N \\
 F_{\text{axial}} = n \cdot F_S \cdot 2 \cdot \mu \cdot \frac{l_1}{l_2} = F_N \cdot 2 \cdot \mu = 2 \cdot F_R
 \end{array}$$


$$F_N = 2 \cdot 10000 \text{ N} \cdot \frac{64 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 64000 \text{ N}$$

$$F_R = 0,1 \cdot 64000 \text{ N} = 6400 \text{ N}$$

$$F_{\text{axial}} = 2 \cdot 6400 \text{ N}$$

Verrechnet: **0,5 Punkte** Abzug, danach als Folgefehler gewertet. Folgefehler werden **NICHT** bewertet!

In der Formel l_1 und l_2 vertauscht, **0,5 Punkte** Abzug: *Beispiel statt* $F_N = n \cdot F_S \cdot \frac{l_1}{l_2}$ z.B. $F_N = n \cdot F_S \cdot \frac{l_2}{l_1}$

	technische universität dortmund Fakultät Maschinenbau Maschinenelemente Prof. Dr.-Ing. B. Künne	Maschinenelemente I Fachprüfung	Kl. EI 10.03
			WN Blatt 3 v. 4 Name: Künne/Mitarbeiter
Name: Musterlösung		Matr.-Nr.: -----	

Aufgabe E WN 2 (Pressverbindung)

Die trockene Welle-Nabe-Pressverbindung mit der Werkstoffpaarung St/CuSn hat folgende Daten:

$$D_F = 33 \text{ mm} \quad p_{\min} = 22,5 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 45 \text{ mm} \quad p_{\max} = 66 \text{ N/mm}^2$$

- a) Welches Drehmoment kann die Verbindung im *ungünstigsten* Fall mindestens übertragen? Aus Tabellen entnommene Daten sind zu markieren.

Aufgabenteil a:

Lösung gegebene Daten:

$$D_F = 33 \text{ mm}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$p_{\min} = 22,5 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{\max} = 66 \text{ N/mm}^2$$

Formeln:

$$T = \frac{p_{\min} \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}{2}$$

aus Diagrammen entnommene Werte:

$$\mu = 0,11 \text{ (ungünstigster Fall/schlechtes } \mu \text{ - rutscht!!!)}$$

$$T = \frac{22,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,11 \cdot \pi \cdot 33 \text{ mm}^2 \cdot 45 \text{ mm}}{2} = 190,5178 \text{ Nm}$$

- b) Welche Leistung kann für diesen Fall bei einer Drehzahl von 1450 min⁻¹ übertragen werden?

Aufgabenteil b:

Lösung gegebene Daten:

$$n = 1450 \text{ U/min}$$

Formeln:

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 190,5178 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1450 \text{ min}^{-1}}{60} = 28928,9172 \text{ W}$$

c) Nennen Sie vier Vorteile von Pressverbindungen.

Aufgabenteil c:

Lösung

- Herstellung einfach und billig
- Prüfung einfach, genau und schnell
- geeignet für große Drehmomente
- Aufnahme hoher Axialkräfte
- Geeignet für Wechsel- & Stoßbelastungen bei schwellender & schwingender Belastung
- Zentrierung von Welle und Nabe
- geringer Konstruktionsaufwand

Für diese Antworten gibt es nur die Hälfte der Punktzahl:

- sitzen spielfrei
- stabil bei dynamischer Belastung
- keine Zukaufteile
- keine Schwächung der Welle
- sehr stabil

Formeln & Tabellen aus dem Skript

Werkstoffpaarung	μ_{trocken}	$\mu_{\text{geölt}}$
St/St oder St/GS	0,07 ... 0,12 ... 0,16	0,05 ... 0,08 ... 0,12
St/GG oder GG/GG	0,13 ... 0,2 ... 0,25	0,02 ... 0,06 ... 0,09
St/CuSn, St/CuZn	0,11 ... 0,15 ... 0,22	0,02 ... 0,05 ... 0,08
GG/CuSn, St/CuZn	0,11 ... 0,15 ... 0,22	0,02 ... 0,05 ... 0,08
St/Mg-Al	0,03 ... 0,06 ... 0,08	0,01 ... 0,02
St/Ms	0,04 ... 0,1 ... 0,14	0,01 ... 0,03 ... 0,05

$$p_{\min} = \frac{F_{\text{axial}}}{\mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b}$$

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot T}{D_F} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b} = \frac{2 \cdot T}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}$$

$$F_S \geq \frac{T \cdot l_2}{n \cdot \mu \cdot D_F \cdot l_1}$$

$$n \cdot F_S = F_N \cdot \frac{l_2}{l_1}$$

$$F_S \geq \frac{F_{\text{axial}} \cdot l_2}{2 \cdot n \cdot \mu \cdot l_1}$$

$$F_R = \mu \cdot F_N$$