



Name, Vorname: .....

Matrikel-Nr.: .....

Studiengang: .....

**Test zur Portfolioprüfung Konstruktionslehre 1**

Datum: 16.03.2021      Zeit: 120 Minuten

---

Die Lösungen zu den Aufgaben sind auf eigenen Blättern oder digital zu dokumentieren. Alle Seiten (Seitenzahl angeben) sind eindeutig mit Namen und Matrikelnummer sowie der Aufgabennummer zu kennzeichnen.

**Alle Rechenergebnisse müssen durch entsprechende Formeln nachvollziehbar dokumentiert werden. Ergebnisse ohne nachvollziehbaren Rechenweg können nicht gewertet werden.**

**Jeder Betrugsversuch führt zu einer Modulnote 5,0. Das Modul gilt somit als nicht bestanden.**

**Bitte lesen Sie die Hinweise bezüglich des Testablaufs auf der ISIS Seite aufmerksam durch.**

	Soll-Punkte	Ist-Punkte	Korrektur
<b>Aufgabe 1</b>	27		
<b>Aufgabe 2</b>	27		
<b>Aufgabe 3</b>	13		
<b>Aufgabe 4</b>	18		
<b>Aufgabe 5</b>	5		
<b>Aufgabe 6</b>	15		

<b>Erreichte Punktzahl:</b>	<b>/ 105</b>	
<b>Notenpunkte:</b>	<b>/ 70</b>	

# 1. Aufgabe - Festigkeit

1.1 Eine Welle soll mit zwei Abtrieben versehen werden. Der Freischnitt zu dem System ist in Abbildung 1 zu sehen. Nutzen Sie zur Berechnung der folgenden Teilaufgaben die Tabelle 1. Geben Sie die Ergebnisse mit zwei Nachkommastellen an.

\_\_\_ / 17

- Berechnung des Antriebsmoments, der Leistung der einzelnen Stufen, sowie der Tangentialkräfte entsprechend der Leistungsteilung aus Tabelle 1 (*Hinweis: Tangentialkräfte bewirken Torsionsmomente*).
- 2D Freischnitt des Systems (vollständig) und Berechnung der Auflagerkräfte in der **x-y-Ebene**. Die Tangentialkräfte werden vereinfacht als das entsprechende **Torsionsmoment** (in der Wellenachse wirkend) angetragen.
- Qualitativer Verlauf der Schnittlasten (vollständige Achsenbeschriftung angeben) in der berechneten **x-y-Ebene** (Normal-, Querkraftverlauf, Biegemoment) und das Torsionsmoment um die x-Achse.

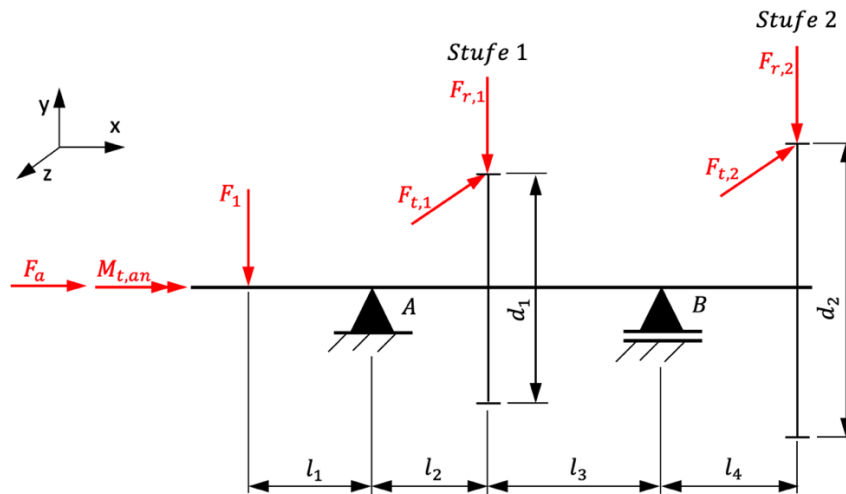


Abbildung 1: Antriebseinheit mit zwei Abtrieben

Tabelle 1: gegebene Werte des Systems

Radialkraft $F_1$	1620 N
Axialkraft $F_a$	2127 N
Radialkraft Zahnrad 1 $F_{r,1}$	1342 N
Radialkraft Zahnrad 2 $F_{r,2}$	1048 N
Antriebsleistung $P_{an}$	6,77 kW
Antriebsdrehzahl $n_{an}$	1236 $\text{min}^{-1}$
Leistung Stufe 1 $L_{S1}$	45%
Leistung Stufe $L_{S2}$	65%
Durchmesser $d_1$	89 mm
Durchmesser $d_2$	131 mm
Abstand $l_1$	57 mm
Abstand $l_2$	34 mm
Abstand $l_3$	40 mm
Abstand $l_4$	47 mm

- 1.2 Bestimmen Sie die vorhandenen Spannungen an der kritischen Stelle. Die Kräfte und Momente wurden bereits bestimmt und sind in Tabelle 2 gegeben.

\_\_\_ / 4

Tabelle 2: gegebene Werte des Systems

Durchmesser $d(x_{krit})$	31 mm
Normalkraft $F(x_{krit})$	1149 N
Biegemoment $M_{b1}(x_{krit})$	168 Nm
Biegemoment $M_{b2}(x_{krit})$	81 Nm
Torsionsmoment $M_t(x_{krit})$	50 Nm

- 1.3 Ist die Sicherheit von 1,3 gegen plastisches Fließen mit einem Wellenwerkstoff E360 und einer Erzeugnisdicke von 71 mm gewährleistet? Kommentieren Sie ihr Ergebnis.

Nutzen Sie die Werkstoffkennwerte aus den gegebenen Datenblättern.

\_\_\_ / 4

- 1.4 Ist die Welle über- bzw. unterdimensioniert? Nennen Sie eine Maßnahme was kann getan werden, um die vorhandenen Spannungen so anzupassen, dass sich die erforderliche Sicherheit (1,3) erreicht werden kann, wenn die äußeren Kräfte unverändert bleiben. Beantworten Sie die Fragen in vollständigen Sätzen.

\_\_\_ / 2

## 2. Aufgabe - Welle-Nabe-Verbindungen

2.1 Auf die Welle aus Aufgabe 1 soll an der Stelle, an dem die Kraft  $F_1$  angreift, eine formschlüssige Welle-Nabe-Verbindung verbaut werden. Dazu soll eine Passfeder der Form A verwendet werden, die im Folgenden ausgelegt werden soll. Bearbeiten Sie unter Verwendung der Daten aus Tabelle 3 die folgenden Schritte:

\_\_\_ / 15

- Berechnen Sie den Mindestwellendurchmesser für Torsion und Biegung.
- Wählen Sie einen geeigneten Wellendurchmesser aus, so dass eine Passfeder verbaut werden kann. Orientieren Sie sich dabei an der DIN 748 (siehe Anhang).
- Geben Sie die Normbezeichnung für ihr gewähltes Wellenende an.
- Entscheiden Sie für welches Bauteil der Festigkeitsnachweis erfolgen muss und begründen Sie ihre Entscheidung.
- Berechnen Sie die minimale tragende Länge (Werte der Norm im Anhang entnehmen).
- Überprüfen Sie die Verdrillbedingung.
- Wähle Sie eine Normlänge aus und geben Sie die Normbezeichnung der Passfeder an.
- Überprüfen und kommentieren Sie ob die Passfeder auf ihren gewählten Normwellenabsatz passt (75% des Wellenabsatzes können für die Passfeder genutzt werden).

**Tabelle 3: Gegebene Daten der Passfederverbindung**

Antriebsmoment $M_{t,an}$	49 Nm
Biegemoment $M_b$	151 Nm
Zulässige Torsionsspannung $\tau_{zul}$	148 N/mm <sup>2</sup>
Zulässige Biegespannung $\sigma_{zul}$	254 N/mm <sup>2</sup>
Wellenwerkstoff	E360
Erzeugnisdicke Welle	71 mm
Zugfestigkeit der Nabe $R_m$	153 N/mm <sup>2</sup>
Arbeitsweise der Antriebsmaschine	gleichmäßig
Arbeitsweise der getriebenen Maschine	mittlere Stöße

2.2 Wie werden Passfedernuten der Form A und B hergestellt und unter welcher Voraussetzung ist die Passfederform B der Passfederform A zu bevorzugen?

\_\_\_ / 3

2.3 Die Welle soll an der ersten Stufe mit einem Querpressverband (DIN 7190-1) mit dem Abtrieb verbunden werden. Legen Sie diesen mit Hilfe der Werte aus Tabelle 4 (auf der nächsten Seite) aus. Nutzen Sie das Moment aus Aufgabenteil 2.1. Folgende Teilschritte sollen dabei bearbeitet werden:

\_\_\_ / 9

- Überprüfen Sie ob der gegebene Fugendruck für die Sicherheit  $S_p$  zulässig ist.
- Ermitteln Sie das maximal übertagbare Moment wenn eine Sicherheit von  $S_r$  nicht überschritten werden darf.
- Berechnen Sie das vorhandene Übermaß  $U$  und geben Sie es in  $\mu\text{m}$  an (beinhaltet die Hilfsgröße  $K$ , bezogenes wirksames Übermaß und das wirksame Übermaß).

Tabelle 4: Gegebene Daten des Querpressverbandes

Fugendruck $p$	56 N/mm <sup>2</sup>	
Durchmesser der Fuge $D_F$	50 mm	
Außendurchmesser $D_{aA}$	93 mm	
Fugenlänge $l_F$	40 mm	
Sicherheit $S_p$	2,00	
Sicherheit $S_r$	1,20	
Haftbeiwert $\nu_{ru}$	0,2	
	Außenteil betreffend	Innenteil betreffend
Gemittelte Rautiefe der Fügefläche	$RZ_A = 4 \mu\text{m}$	$RZ_I = 68 \mu\text{m}$
Untere Streckgrenze	$R_{e,LA} = 590 \text{ N/mm}^2$	$R_{e,LI} = 310 \text{ N/mm}^2$
E-Modul	$E_A = 130000 \text{ N/mm}^2$	$E_I = 218000 \text{ N/mm}^2$
Querdehnzahl	$\mu_A = 0,25$	$\mu_I = 0,3$

### 3. Aufgabe - Lager

3.1 Welche alternative Lagerungsart würden Sie für die Welle aus Aufgabe 1 vorsehen? Begründen Sie ihre Antwort in einem ausführlichen Satz.

\_\_\_ / 2

3.2 Ermitteln Sie in die Lagerlebensdauer des Festlagers in Stunden. Nutzen Sie zur Berechnung die Werte aus Tabelle 5. Nutzen Sie die Suchfunktion bei FAG um die Lagerdaten zu erhalten. Beachten Sie dabei folgende Teilschritte:

\_\_\_ / 8

- Bestimmen Sie die Lagerdaten (<https://medias.schaeffler.de/plp/DeepGrooveBallBearings>).
- Berechnung der äquivalenten Lagerbelastung (Lagerluftklasse CN). Geben Sie die Werte zu linearen Interpolation mit drei Nachkommastellen an.
- Bestimmung der Lagerlebensdauer in Stunden. Nutzen Sie die Drehzahl aus Aufgabe 1.

**Tabelle 5: Gegebene Daten des Festlagers**

Axialkraft, x-Richtung $F_{Ax}$	3427 N
Radialkraft, y-Richtung $F_{Ay}$	2810 N
Radialkraft, z-Richtung $F_{Az}$	3585 N
Lagerbezeichnung	FAG 6213

3.3 Wird eine Lagerlebensdauer von  $L_{soll} = 48000$  h erreicht? Was könnte geändert werden, um die Lagerlebensdauer möglichst nah den Sollbereich zu bringen, wenn die äußeren Belastungen unverändert bleiben? Und was hätte das für Folgen für die bisher berechnete Konstruktion? Beantworten Sie die Fragen in vollständigen Sätzen.

\_\_\_ / 3

## 4. Aufgabe - Bolzenberechnung

4.1 Berechnen Sie in dieser Aufgabe eine Bolzenverbindung mit den gegebenen Werte aus Tabelle 6. Bearbeiten Sie dazu folgende Teilschritte:

\_\_\_ / 15

- Bestimmen Sie für welches Bauteil Spiel bzw. Übermaß vorgesehen ist. Schreiben Sie ihre Entscheidung in einem vollständigen Satz nieder.
- Ermitteln Sie den Bolzendurchmesser. Die Flächen sind alle nicht gleitend.
- Bestimmen Sie den maximalen Nabendurchmesser.
- Legen Sie günstige Werte für  $t_S$  und  $t_G$  fest.
- Bestimmen Sie die Länge des Bolzens der Form A. (Hinweis: Ermitteln Sie die Fasenlänge aus der Norm).
- Geben Sie die Normangabe des Bolzens an.
- Berechnen Sie das maximale Biegemoment für den in Tabelle 6 angegebenen Einbaufall.
- Bestimmen Sie die zulässige Flächenpressung und mit der vorhandenen vergleichen.

**Tabelle 6: Gegebene Daten der Bolzenverbindung**

Einbaufall	Einbaufall 3
Flächen	nicht gleitend
Angreifende Kraft $F_B$	5746 N
Zugfestigkeit des Bolzens $R_m$	400 N/mm <sup>2</sup>
Belastungsart	schwellend
Werkstoff Gabel und Stange	C22E
Art der Stöße (worst case)	mittelstark

4.2 Welche Sicherheit liegt vor wenn eine zulässige Flächenpressung von  $p_{zul} = 69 \text{ N/mm}^2$  angenommen wird (Wert entspricht nicht dem Ergebnis aus Aufgabenteil 4.1)? Was kann an der Konstruktion geändert werden um eine Sicherheit von  $S_{erf} = 1$  zu erhalten? Kraft soll unverändert bleiben. Beantworten Sie die Fragen in vollständigen Sätzen.

\_\_\_ / 3

## 5. Aufgabe - Form- und Lagetoleranzen

5.1 In der Abbildung 2 ist ein Bauteil mit Form- und Lagetoleranzen toleriert. Beschreiben Sie die angetragenen Toleranzen in vollständigen Sätzen.

*Beispiel (nicht bezogen auf Abb. 2): Die Grundfläche ist als Bezugsэлеment A gekennzeichnet. Die Seitenfläche mit dem Maß 45 mm soll eine Rechtwinkligkeit von 0,03 mm zum Bezugsэлеment A aufweisen.*

\_\_\_ / 5

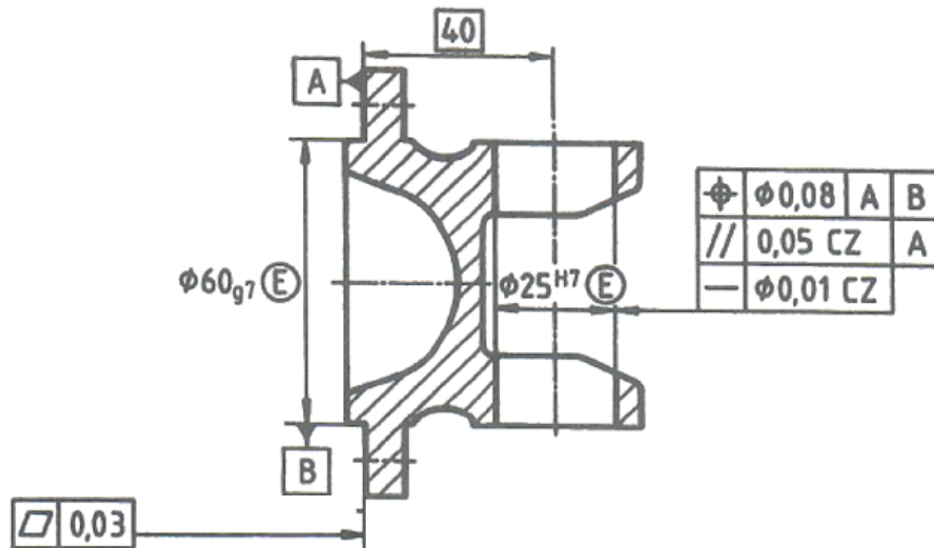


Abbildung 2: System mit Form- und Lagetoleranzen



## 6. Aufgabe - Gestaltung, Dichtung und Schmierung

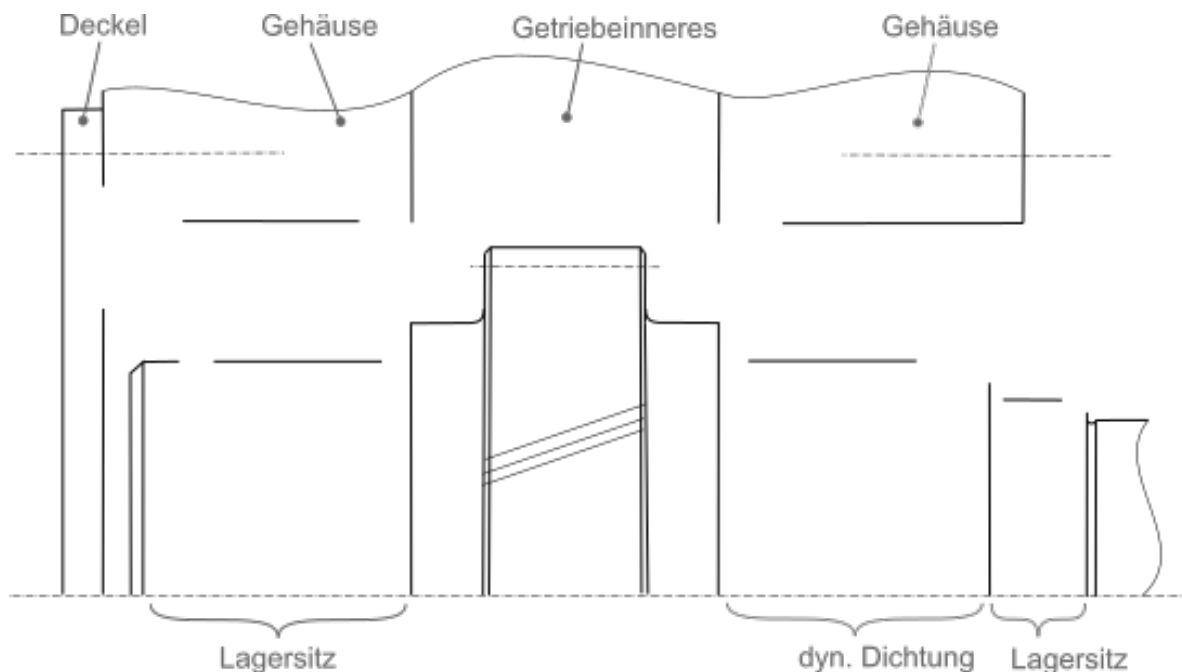
6.1 Eine Getriebeeingangswelle wurde ursprünglich mit einer Fest-Los-Lagerung konzipiert (s. Lückenzeichnung unten). Um die auftretenden Zahnradkräfte des mittigen Zahnrades besser aufnehmen zu können soll nun jedoch eine veränderte Lagerung zur Anwendung kommen. Welche Lagerungsart könnte sinnvollerweise verwendet werden und warum wäre diese Lagerungsart eine bessere Wahl als die Fest-Los-Lagerung?

Im System liegt eine max. Umfangsgeschwindigkeit von  $v = 49 \text{ m/s}$  und eine Fettschmierung vor. Welche dynamische Dichtung ist für diese Anwendung geeignet? Begründen Sie Ihre Antwort!

Vervollständigen Sie die untenstehende Lückenzeichnung um Ihre geplante Lagerung. Achten Sie auf eine normgerechte Darstellung. Beachten Sie die folgenden Punkte:

- Verwenden Sie für Ihre Lagerung **Kegelrollenlager**.
- Die Lager sollen geeignet axial festgelegt werden.
- Stellen Sie Ihre gewählte dynamische Dichtung dar.
- Es sollen geeignete statische Dichtungen verwendet und dargestellt werden.
- Die obere Strichpunktlinie kennzeichnet die Lage einer Schraube zur Befestigung des Deckels.
- Die Schraube selbst muss nicht gezeichnet werden.
- Zeichnen Sie die Lagerung auf ihr eigenes Papier.
- Verwenden Sie zwei Farben zur Darstellung (dick, dünn)
- Das Zahnrad kann von Ihnen vereinfacht als Rechteck (Black-Box) dargestellt werden.

\_\_\_ / 13



6.2 Bei der Beurteilung der Dichtfläche, auf dem die dynamische Dichtung sitzt, wurde festgestellt, dass die Oberfläche rau und die Dichtung beschädigt ist. Welche Maßnahmen schlagen Sie vor? Begründen Sie Ihre Antwort in vollständigen Sätzen.

\_\_\_ / 2