Probeklausur

Konstruktion 1

Universität:	Technische Universität Berlin
Kurs/Modul:	Konstruktion 1
Bearbeitungszeit:	90 Minuten
Erstellungsdatum:	September 6, 2025

Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

https://study.AllWeCanLearn.com

Konstruktion 1

Aufgabe 1.

(a) Bestimmen Sie die maximale Torsionsbeanspruchung einer Welle-Nabe-Verbindung. Gegeben sei der Durchmesser $d = 40\,\mathrm{mm}$, das Drehmoment $T = 900\,\mathrm{N\,m}$ und die zulässige Schubspannung $\tau_{\mathrm{zul}} = 60\,\mathrm{MPa}$. Verwenden Sie die Gleichung

$$\tau_{\max} = \frac{16\,T}{\pi\,d^3} \quad \text{mit} \quad T\ (\mathrm{N\,mm}),\ d\ (\mathrm{mm}),$$

und geben Sie $\tau_{\max}$ in MPa an.

(b) Bestimmen Sie den minimalen Wellen-Durchmesser $d_{\min}$, so dass die Verbindung die zulässige Spannung nicht überschreitet. Verwenden Sie dazu dieselbe Gleichung wie in Teil (a) und die Werte $T = 900\,\mathrm{N\,m}$, $\tau_{\mathrm{zul}} = 60\,\mathrm{MPa}$. Geben Sie einen numerischen Wert für $d_{\min}$ an.

(c) Gegeben sei dieselbe Welle mit $T = 900\,\mathrm{N\,m}$ und $d = 40\,\mathrm{mm}$. Prüfen Sie, ob die zulässige Spannung eingehalten wird und begründen Sie Ihre Aussage.

(d) Nennen Sie zwei gängige Ausführungsformen von Welle-Nabe-Verbindungen und geben Sie jeweils einen Vor- bzw. Nachteil an.

Aufgabe 2.

(a) Wälzlagerauswahl: Gegeben seien eine mittlere radiale Last $P_r = 25\,\text{kN}$ und eine axiale Last $P_a = 5\,\text{kN}$ in einer Lageranordnung. Die gewünschte Lebensdauer solle $L_{10} = 1.5 \times 10^7$ Umdrehungen erreichen. Verwenden Sie die einfache Lebensdauer-Beziehung

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3,$$

mit der dynamischen Tragzahl C und der effektiven Last $P = \sqrt{P_r^2 + P_a^2}$. Geben Sie die notwendige C der Wälzlagerung in kN an.

(b) Gegeben seien zwei Lager mit dynamischen Tragzahlen $C_1 = 120\,\text{kN}$ und $C_2 = 180\,\text{kN}$, jeweils belastet durch $P = 40\,\text{kN}$. Bestimmen Sie für jedes Lager die zugehörige Lebensdauer L_{10} in Millionen Umdrehungen.

(c) Zeichnen Sie schematisch den Aufbau eines Lagersystems an einer Welle und erläutern Sie kurz die Randbedingungen, die für eine lebensdauerorientierte Auslegung relevant sind.

(d) Diskutieren Sie, wie sich Änderungen der Lastverteilung und der Lageranordnung auf die Lebensdauer auswirken können, ohne eine Berechnung durchzuführen.

Aufgabe 3.

(a) Eine einfache Welle-Nabe-Verbindung wird durch eine Passung und eine Sicherungsscheibe übertragen. Gegeben seien der Übertragungsradius $r = 0.05\,\mathrm{m}$ und das Drehmoment $T = 0.60\,\mathrm{N\,m}$. Berechnen Sie die resultierende Totale-Torsionsspannung an der Welle, gegeben durch

$$\tau_{\max} = \frac{T}{\text{Radius}} \quad \text{und ordnen Sie diese als Funktion der Fläche ein.}$$

Hinweis: Verwenden Sie eine geeignete Näherung für die Flächenspannung und erläutern Sie kurz Ihre Annahmen.

(b) Bestimmen Sie die maximale Drehmomentübertragung einer Welle bei Durchmesser $d = 60\,\mathrm{mm}$ und der zulässigen Schubspannung $\tau_{\mathrm{zul}} = 50\,\mathrm{MPa}$ nach der Formel

$$\tau_{\max} = \frac{16\,T}{\pi\,d^3}.$$

Geben Sie $T_{\max}$ in $\mathrm{N\,m}$ an.

(c) Nennen Sie zwei wesentliche Randbedingungen bzw. Informationen, die eine vollständige technische Zeichnung eines einfachen Bauteils (Beispiel: Welle mit Nabe) enthalten sollte.

Aufgabe 4.

(a) Beschreiben Sie in drei Sätzen, welche drei zentralen Informationen eine fertigungsgerechte Konstruktionszeichnung liefern muss.

(b) Welche drei Ansichten bzw. Schnitte sind typischerweise in einer technischen Zeichnung für eine einfache Welle-Nabe-Anordnung sinnvoll? Skizzieren Sie diese drei Ansichten in Worten und nennen Sie die wesentlichen Bemaßungen, die erforderlich sind.

(c) Nennen Sie zwei gängige Normteile, die typischerweise in einer einfachen Welle-Nabe-Konfiguration verwendet werden, und erläutern Sie deren Zweck in kurzen Stichpunkten.

Lösungen

Lösung 1.(a). Es gilt die torsionsmaximale Beanspruchung einer Rundwelle

$$\tau_{\max} = \frac{16\,T}{\pi\,d^3}$$

mit T in N·mm und d in mm (in MPa, da die Einheiten so gewählt werden). Gegeben: $T = 900\,\mathrm{N\ m} = 9.0 \times 10^5\,\mathrm{N\ mm}$, $d = 40\,\mathrm{mm}$.

$$\tau_{\max} = \frac{16 \cdot 9.0 \times 10^5}{\pi\,(40)^3} = \frac{14.4 \times 10^6}{\pi \cdot 64\,000} \approx 7.17 \times 10^1\ \mathrm{MPa}.$$

Ergebnis: $\tau_{\max} \approx 71.7\,\mathrm{MPa}$.

Lösung 1.(b). Minimaler Durchmesser $d_{\min}$ so, dass $\tau_{\max} \le \tau_{\mathrm{zul}}$ gilt

$$\tau_{\max} = \frac{16\,T}{\pi\,d^3} = \tau_{\mathrm{zul}} \quad \Rightarrow \quad d_{\min} = \left(\frac{16\,T}{\pi\,\tau_{\mathrm{zul}}}\right)^{1/3}.$$

Mit $T = 900\,\mathrm{N\ m} = 9.0 \times 10^5\,\mathrm{N\ mm}$ und $\tau_{\mathrm{zul}} = 60\,\mathrm{MPa} = 60\,\mathrm{N/mm^2}$ ergibt sich

$$d_{\min} = \left(\frac{16 \cdot 9.0 \times 10^5}{\pi \cdot 60}\right)^{1/3} = \left(\frac{14.4 \times 10^6}{188.496}\right)^{1/3} \approx \left(7.64 \times 10^4\right)^{1/3} \approx 42.4\,\mathrm{mm}.$$

Ergebnis: $d_{\min} \approx 42.4\,\mathrm{mm}$.

Lösung 1.(c). Gegeben seien $T = 900\,\mathrm{N\ m}$ und $d = 40\,\mathrm{mm}$. Aus Lösung 1.(a) ist $\tau_{\max} \approx 71.7\,\mathrm{MPa}$. Da $\tau_{\max} > \tau_{\mathrm{zul}} = 60\,\mathrm{MPa}$ gilt, wird die zulässige Spannung nicht eingehalten. Begründung: Die Verbindung würde eine zu hohe Schubspannung erfahren, was das Bauteil beansprucht und eine Überbeanspruchung darstellt.

Lösung 1.(d). Zwei gängige Ausführungsformen von Welle-Nabe-Verbindungen - Reibschluss-Presseverbindung (Pressezugang, Passung): Vorteil: einfache Bauweise, keine zusätzlichen Verbindungselemente. Nachteil: Montageaufwand, Demontage schwieriger, temperaturhärtend bei Schrauben-/Kleinstpassungen möglich. - Keilwellenverbindung (Keilnabe): Vorteil: lösbar, gute Verbindungseigenschaften und einfache Demontage, gute Lastverteilung durch das Keilprofil. Nachteil: zusätzliche Keile, Nut; Toleranzeingriffe und ggf. Materialermüdung durch wiederholte Montage.

Lösung 2.(a). Wälzlagerauswahl Gegeben: mittlere radiale Last $P_r = 25\,\mathrm{kN}$, axiale Last $P_a = 5\,\mathrm{kN}$. Lebensdauer $L_{10} = 1.5 \times 10^7$ Umdrehungen. Die effektive Last ist

$$P = \sqrt{P_r^2 + P_a^2} = \sqrt{(25)^2 + (5)^2}\ \mathrm{kN} = \sqrt{650} \approx 25.50\,\mathrm{kN}.$$

Für die einfache Lebensdauer-Beziehung

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad \Rightarrow \quad C = P\,L_{10}^{1/3}.$$

Es ergibt sich $L_{10}^{1/3} \approx (1.5 \times 10^7)^{1/3} \approx 2.47 \times 10^2$. Damit

$$C \approx 25.50\,\mathrm{kN} \times 247 \approx 6.30 \times 10^3\,\mathrm{kN}.$$

Ergebnis: notwendige dynamische Tragzahl $C \approx 6.30 \times 10^3\,\mathrm{kN}$ (6.3 MN).

Lösung 2.(b). Zwei Lager mit $C_1 = 120\,\text{kN}$ bzw. $C_2 = 180\,\text{kN}$ jeweils belastet durch $P = 40\,\text{kN}$. Lebensdauer $L_{10} = (C/P)^3$.

- Für $C_1 = 120\,\text{kN}$:

$$L_{10,1} = \left(\frac{120}{40}\right)^3 = 3^3 = 27 \quad \text{(in Millionen Umdrehungen)}.$$

- Für $C_2 = 180\,\text{kN}$:

$$L_{10,2} = \left(\frac{180}{40}\right)^3 = (4.5)^3 = 91.125 \quad \text{(in Millionen Umdrehungen)}.$$

Lösung 2.(c). Schematischer Aufbau eines Lagersystems an einer Welle (stichwortartig): - Welle mit Lagerung (radial und axial belastet), ggf. Nabe, Passfedernut, Felge oder zusätzliches Gehäuse. - Randbedingungen: axiale Fixierung der Nabe, korrekte Lagerabstützung, Lagerabstand, ausreichende Schmierung, ggf. Lagerluft, korrekte Ausrichtung der Achse.

Lösung 2.(d). Einfluss von Lastverteilung und Lageranordnung auf die Lebensdauer (gedanklich, ohne Berechnung) - Veränderung der Lastverteilung: Höhere Spitzenlasten erhöhen lokale Spannungen, reduzieren die L10-Lebensdauer. - Lageranordnung: Doppel-Lager gegenüber Einzel-Lager verteilen die Last besser, erhöhen die Lebensdauer; Fehlausrichtungen, Spiel oder Axiallasten erhöhen die Schwingungseinflüsse und mindern die Lebensdauer. - Allgemein gilt: Gleichmäßige Lastverteilung, gute Ausrichtung, korrekte Schmierung und passende Lagerkonfiguration verbessern die Lebensdauer signifikant.

Lösung 3.(a). Totale-Torsionsspannung an der Welle Gegeben: Übertragungsradius $r = 0.05\,\text{m}$ (Durchmesser $d = 2r = 0.10\,\text{m}$) und Drehmoment $T = 0.60\,\text{N m}$.

Die korrekte Näherung für die maximale Torsionsspannung bei einer runden Stütze ist

$$\tau_{\max} = \frac{16\,T}{\pi\,d^3}.$$

Mit $d = 0.10\,\text{m}$ gilt

$$\tau_{\max} = \frac{16 \cdot 0.60}{\pi\,(0.10)^3} = \frac{9.6}{\pi \cdot 0.001} \approx \frac{9.6}{0.0031416} \approx 3.06 \times 10^3\ \text{Pa} \approx 0.0031\ \text{MPa}.$$

Bezüglich der Orientierung zur Fläche: Die Fläche des Querschnitts sei $A = \pi r^2 = \pi(0.05)^2 = 0.00785\,\text{m}^2$. Der mittlere Flächenwert (Durchschnittswertericht) für die Querschnittsfläche ergibt sich aus der integration der torsionalen Spannungsverteilung. Für eine runde Welle gilt - Maximale Schubspannung: $\tau_{\max} = \dfrac{2T}{\pi r^3}$ (am Außenrand), - Flächenmittlere Spannung (Durchschnitt über die Fläche): $\tau_{\text{avg}} = \dfrac{4T}{3\pi r^3}$.

Daraus folgt - $\tau_{\max} \approx 3.06 \times 10^3$ Pa, - $\tau_{\text{avg}} \approx 2.04 \times 10^3$ Pa.

Beziehung: $\tau_{\max} = \frac{3}{2}\,\tau_{\text{avg}}$. Folglich ist $\tau_{\max}$ um den Faktor 1.5 größer als der Fläche-näher gemessene Mittelwert. Die Aufgabe mag eine grobe Näherung erfordern; hier ist die physikalisch korrekte Zuordnung am Querschnitt dargestellt. Hinweis zur Aufgabenformulierung: Die angegebene Gleichung $\tau_{\max} = \frac{T}{\text{Radius}}$ ist physikalisch nicht konsistent mit der klassischen Schubspannung in einer runden Welle. Die korrekte Näherung folgt aus der Torsionsschwingung für einen zylindrischen Querschnitt (oben).

Lösung 3.(b). Maximales Drehmoment $T_{\max}$ bei $d = 60\,\text{mm}$ und $\tau_{\text{zul}} = 50\,\text{MPa}$

$$\tau_{\max} = \frac{16\,T}{\pi\,d^3} \quad \Rightarrow \quad T_{\max} = \frac{\tau_{\text{zul}}\,\pi\,d^3}{16}.$$

mit $d = 0.060\,\text{m}$ (also $d^3 = 0.000216\,\text{m}^3$) und $\tau_{\text{zul}} = 50 \times 10^6$ Pa:

$$T_{\max} = \frac{50 \times 10^6 \cdot \pi \cdot 0.000216}{16} = \frac{50 \times 10^6 \cdot 0.00067858}{16} \approx \frac{33\,929}{16} \approx 2.12 \times 10^3 \text{ N m}.$$

Ergebnis: $T_{\max} \approx 2.12$ kN m (ca. 2120 N m).

Lösung 3.(c). Randbedingungen bzw. Informationen für eine vollständige technische Zeichnung eines einfachen Bauteils (Welle mit Nabe) - Randbedingung 1: Gegebene Geometrie mit allen relevanten Abmessungen (Außendurchmesser der Welle, Bore der Nabe, Passungen, Schulterabstände, Längen). - Randbedingung 2: Oberflächen- bzw. Werkstoffangaben (Material, Härte, Oberflächenrauheit, ggf. Wärmebehandlung) sowie ggf. Passungstoleranzen (ISO-Toleranzen) und Fertigungsverfahren.

Lösung 4.(a). Drei zentrale Informationen einer fertigungsgerechten Konstruktionszeichnung (in drei Sätzen) - Die Geometrie des Bauteils muss durch vollständige Abmessungen, Formgrößen und Bemaßungen eindeutig beschrieben sein. - Es müssen zulässige Toleranzen (und ggf. Passungen) sowie Oberflächenqualitäten angegeben werden, damit Fertigung und Montage funktionieren. - Zusätzlich sollten Werkstoffangaben (Materialbezeichnung, ggf. Wärmebehandlung) und Fertigungs-/Montagehinweise enthalten sein, damit das Bauteil funktionsgerecht hergestellt werden kann.

Lösung 4.(b). Typische drei Ansichten bzw. Schnitte in einer technischen Zeichnung für eine einfache Welle-Nabe-Anordnung (in Worten) - Vorderansicht (Hauptansicht) der Welle und Nabe, mit den äußeren Durchmessern und der Gesamtlänge; - Seitenansicht (oder Draufsicht) zur Abbildung der Anordnung von Nabe und Welle, einschließlich Frequenzaussparungen (z. B. Nut, Bohrungen) und Bohrungspositionen; - Schnittansicht (z. B. Längsschnitt oder Querschnitt durch die Nabe) zur Darstellung des Innenhohlraums, der Nut/Hohl- bzw. Schlüsselauflage, sowie der Passfedernut. Wesentliche Bemaßungen: Außen- und Innenradien/Durchmesser, Nutbreite, Schlüsselbreite, Gesamtlänge, Passungsnachweise.

Lösung 4.(c). Zwei gängige Normteile in einer einfachen Welle-Nabe-Konfiguration - Passfeder (DIN-Standardteil): Zweck ist die Kopplung der Welle mit der Nabe zur Übertragung von Drehmoment und zur Verhinderung relativer Verdrehung. - Sicherungsring bzw. Ringsicherungsring: Zweck ist die axialen Absicherung der Nabe gegen Verschieben auf der Welle. (Bemerkung: Alternativ werden auch Keile (Keilverbindung) oder andere Normteile verwendet; hier zwei gängige Beispiele.)