Übungsaufgabe

CAD-Grundlagen: 3D-Modellierung, Baugruppenkonstruktion und Simulation als Einstieg

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

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

https://study.AllWeCanLearn.com

Konstruktion 1

Aufgabe 1: CAD-Grundlagen – 3D-Modellierung, Baugruppenkonstruktion und Simulation als Einstieg

a) Modellieren Sie in Ihrem CAD-System eine zylindrische Welle mit den Maßen: Ø40 mm, Länge 120 mm. Vergeben Sie sinnvolle Materialeigenschaften (z. B. Stahl) in der Baugruppe, falls erforderlich.

b) Fügen Sie am Mantel eine axiale Nut hinzu: Breite 8 mm, Tiefe 2 mm, in ca. 20 mm Abstand von der linken Stirnfläche.

c) Erzeugen Sie an der linken Stirnfläche eine Durchlassbohrung Ø12 mm, die durch das gesamte Bauteil geht.

d) Erstellen Sie eine Baugruppe, die zwei identische Wellen enthält. Positionieren Sie sie so, dass die Durchdringung der Bohrungen sich gegenüberliegt. Speichern Sie die Baugruppe als STEP-Datei ab.

e) Erstellen Sie eine einfache Explosionszeichnung der Baugruppe und fügen Sie eine kurze Stückliste (Stückliste) hinzu.

f) Exportieren Sie die Baugruppe zusätzlich als STEP-Datei für den Austausch mit anderen Systemen.

Aufgabe 2: Baugruppenkonstruktion – Verbindungselemente und Randbedingungen

a) Wählen Sie eine einfache Wellen-Nabe-Verbindung für die Kopplung der beiden Wellen aus der Aufgabe 1. Beschreiben Sie kurz die gewählte Verbindungsmethode (z. B. Passung, Schraubverbindung oder Formschluss) und begründen Sie Ihre Wahl im Kontext der Fertigungsgerechte Gestaltung.

b) Legen Sie in der Baugruppe eine Randbedingung fest, in der eine Welle an der Stirnfläche fixiert wird. Auf der gegenüberliegenden Stirnfläche wirkt eine axiale Kraft von 1500 N senkrecht zur Achse. Skizzieren Sie die Anordnung, ohne konkrete Lösung anzugeben.

c) Beschreiben Sie die Montageabfolge der Baugruppe in drei Schritten (welches Teil zuerst, welche Hilfsbauteile benötigen Sie, in welcher Reihenfolge erfolgt die Montage).

d) Erstellen Sie eine Explosionszeichnung der Baugruppe und notieren Sie die wichtigsten Baugruppenbeschriftungen (Parts, Matrizen, Zugehörigkeiten).

e) Diskutieren Sie kurz, welche Toleranzen und Passungenbedürfnisse für eine zuverlässige Kopplung sinnvoll sind und wie sich diese in einer CAD-Umgebung berücksichtigen lassen.

Aufgabe 3: Simulation – Einstieg in die strukturmechanische Simulation

a) Beschreiben Sie ein einfaches Simulationsszenario: Eine Welle aus Aufgabe 1 wird an einer Stirnfläche festgehalten, am gegenüberliegenden Ende wirkt eine Kraft von 500 N senkrecht auf die Achse. Definieren Sie Material (z. B. Stahl) und Randbedingungen in Worten.

b) Wählen Sie eine geeignete Diskretisierung bzw. Elementart für eine grobe statische Analyse aus und nennen Sie zwei wesentliche Größen, die Sie beobachten würden (z. B. maximale Verschiebung, maximale Normalspannung).

c) Führen Sie eine kurze Interpretation der erwarteten Ergebnisse durch: Welche Bauteilbereiche könnten bei dieser Last kritisch sein und welche Maßnahmen zur Aufbau- oder Geometrieverbesserung könnten sinnvoll sein? (Nur Aufgabenstellung, keine Lösung liefern.)

d) Dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse in einem kurzen Absatz mit Verweis auf die Randbedingungen, Materialien und Geometrie.

Lösungen

Aufgabe 1: CAD-Grundlagen – 3D-Modellierung, Baugruppenkonstruktion und Simulation als Einstieg

a) Lösung:

- Geometrie der Welle: Ø40 mm, Länge 120 mm.
- Material der Welle (Vorschlag): Stahl, z. B. C45E (geeignet als allgemeiner Konstruktionsstahl).
- Typische Materialeigenschaften (als Orientierung): E $\approx$ 210 GPa, Dichte $\rho \approx 7850$ kg/m^3, Streckgrenze $\sigma_{0,2} \approx$ 350–420 MPa (je nach Legierung; hier als Beispiel).
- Hinweis: In der Baugruppe gegebenenfalls weitere Materialeigenschaften (Dichte, Wärmeausdehnung etc.) hinterlegen.

b) Lösung:

- Axiale Nut am Mantel: Breite 8 mm, Tiefe 2 mm.
- Position: ca. 20 mm von der linken Stirnfläche aus gemessen entlang der Achse.
- CAD-Implikation: Nut als Oberflächenmerkmal mit axialer Lage hinterlegen, tolerieren nach Bedarf (z. B. H7-Nut, je nach Fertigungsvorgaben), um später eine Passung mit einem Passfedernut-/Naben-System zu ermöglichen.

c) Lösung:

- Durchlassbohrung: Ø12 mm, durch das gesamte Bauteil.
- Lage: zentrisch durch die Welle hindurch; Länge entsprechend dem Bauteil.
- Toleranzen: Bohrung in der Regel H7, Welle h6, oder eine alternative Passung gemäß Fertigungsnormen, so dass eineleichte Beweglichkeit bzw. Passung für eine Passfeder entsteht.

d) Lösung:

- Baugruppe: zwei identische Wellen (Ø40 $\times$ 120 mm) in einer Baugruppe zusammenführen.
- Anordnung: Die beiden Wellen in separaten Bauteilen in der Baugruppe platzieren, sodass die Durchdringung der Ø12-mm-Bohrungen gegenüberliegt (symmetrische Gegenüberstellung).
- STEP-Datei: Baugruppe als STEP-Format exportieren (z. B. STEP AP203/214) für den Austausch mit anderen Systemen.

e) Lösung:

- Explosionszeichnung der Baugruppe erstellen: grob die einzelnen Teile räumlich auseinandergezogen darstellen.
- Stückliste (Stückliste) ergänzen: mindestens die beiden Wellenpositionen auflisten; ggf. Passfedernut-/Naben-Teile separat aufführen.

- Typische Stücklisten-Einträge (Beispiel):
  - Welle Ø40×L120, Menge 2
  - Passfeder(n) (falls verwendet)

f) Lösung:

- Zusätzlich STEP-Export der Baugruppe (z. B. STEP AP203/214) für den Austausch mit anderen CAD-/Berechnungsumgebungen.

Aufgabe 2: Baugruppenkonstruktion – Verbindungselemente und Randbedingungen

a) Lösung:

- Verbindungsauswahl: Passfeder-Verbindung (Formschluss) zwischen Welle und Nabe.
- Begründung (Fertigungsgerechte Gestaltung): Die Passfeder-Verbindung ermöglicht eine einfache Fertigung, gute Lastübertragung bei geraden Wellen-Naben-Paaren, geringe Kosten, einfache Montage und Demontage. Für einfache Kopplungen ist dies eine gängige und robuste Lösung; Toleranzen lassen sich über die Nutbreite und Passform der Welle/Nabe realisieren.
- Hinweis zur Gestaltung: Nutgüte, Nutbreite, Passfedernormen (ISO) beachten; Passfedern in der Nut dimensionieren (Breite, Tiefe) so, dass eine ausreichende Kraftübertragung gewährleistet ist, ohne zu starken Verschleiß zu verursachen.

b) Lösung:

- Randbedingung in der Baugruppe: Die Welle wird an der Stirnfläche fest (Randbedingung: vollständiges Verbiegen/Rollenfreiheit verhindert; u. a. alle Translations- und Rotationen am linken Stirnflächenknoten fixiert).
- Auf der gegenüberliegenden Stirnfläche wirkt eine axiale Kraft von 1500 N senkrecht zur Achse (also in der Achsenrichtung). Skizze der Anordnung (ohne Lösungsangaben): links fixierte Stirnfläche; rechts eine axiale Last von 1500 N in Achsenrichtung, die dem Verlauf der Welle folgt.

c) Lösung:

- Montageabfolge (in drei Schritten):
  1. Vorbereitung: Passfedern, ggf. Klemmringe/Schrauben und Hilfsbauteile bereitlegen; Naben auf Welle 1 und Welle 2 mit Passfedern bestücken.
  2. Nabenmontage: Naben auf Welle 1 bzw. Welle 2 aufsetzen, Passfedern in Nut positionieren und ggf. Schmiermittel antragen; Passfedernuten sichern.
  3. Kopplung der Wellen: Naben über das Kopplungselement (z. B. eine einfache Bolzen-/Schraubenkupplung) verbinden, Montageräume ausrichten und Schrauben festziehen; Endkontrolle der axialen Ausrichtung.

d) Lösung:

- Explosionszeichnung der Baugruppe erstellen: Welle 1, Nabe 1, Passfedern, Kopplungselement, Welle 2, Nabe 2, ggf. Schrauben/Muttern als Befestigung.
- Wichtige Beschriftungen notieren: Parts (Teile), Matrizen (Beziehungen/Zuordnungen), Zugehörigkeiten (Assemblies, Sub-Assemblies).

e) Lösung:

- Toleranzen- und Passungsbedarfe für eine zuverlässige Kopplung:

  - Nut und Passfedernut sollten gemäß ISO-Normen dimensioniert werden, so dass eine ausreichende Kraftübertragung erzielt wird, ohne Übermaß an Spannung zu erzeugen.
  - Welle (Durchmesser Ø40 mm) in der Regel h6, Nabe bohrung in H7 (je nach verlangter Spannungsübertragung); Passfedernormung beachten.
  - Die Toleranzen sollten eine leichte Passung für eine einfache Montage ermöglichen, aber doch eine sichere Lastübertragung bei Betriebstemperatur gewährleisten.

- CAD-Umgebung: Nutbreiten/Tiefen in der CAM-/Konstruktionstoleranz hinterlegen; je nach Fertigungseinstellungen die passende Passung auswählen und ggf. in der Baugruppe prüfen.

Aufgabe 3: Simulation – Einstieg in die strukturmechanische Simulation

a) Lösung:

- Simulationsszenario: Eine Welle aus Aufgabe 1 wird an einer Stirnfläche festgehalten (Randbedingung: $u_x = u_y = u_z = 0$ und ggf. Rotationen fixiert, je nach FEM-Tool), am gegenüberliegenden Ende wirkt eine Kraft von 500 N senkrecht zur Achse (also quer zur Längsrichtung).
- Material: Stahl (z. B. S235JR) mit typischen Eigenschaften (E 210 GPa, ν 0.3). Randbedingungen und Geometrie entsprechend der Aufgabe 1.

b) Lösung:

- Diskretisierung / Elementart (grobe statische Analyse): 3D-Solid-Elemente, z. B. 8-Knoten-Hexaedern (C3D8R-ähnliche Elemente) oder Solid186-typische 3D-Elemente, mit grobem Netz (z. B. ca. 4–6 Elemente über den Durchmesser, längs ca. 8–12 Elemente je nach Verfügbarkeit).
- Zwei wesentliche Größen, die beobachtet werden würden:
  - Maximale Verschiebung (Durchbiegung am freiem Ende bzw. am Lastaufnahmeort).
  - Maximale Normalspannung (vor allem in der Nähe der festen Stirnfläche, dort entstehen lokale Belastungsmaxima durch Biegung).

c) Lösung:

- Kurze Interpretation der erwarteten Ergebnisse:
  - Die größte Beanspruchung tritt in der Nähe der festen Stirnfläche auf, wo der Biegemoment am größten ist.
  - Die Verschiebung ist am freigestellten Ende am größten; dort lässt sich ggf. die Geometrie so optimieren, dass die maximale Durchbiegung reduziert wird.
  - Die Normalkomponente der Spannungen wird an der Laststelle am größten sein; Shear-Komponenten sind dort ebenfalls zu prüfen.
- Maßnahmen zur Aufbau- oder Geometrieverbesserung (Beispiele):
  - Vergrößerung des Querschnitts oder Einführung von Fillets an Übergängen, um Spannungssteigerungen zu mindern.
  - Hinzufügen einer unterstützenden Auflage oder einer weiteren Stütze, um das Biegemoment zu verringern.
  - Materialwahl oder Wärmebehandlung erhöhen die Grenzfestigkeit; ggf. Oberflächenbehandlung zur Steigerung der Ermüdungslebensdauer.

d) Lösung:

- Dokumentation der Ergebnisse in einem kurzen Absatz:

- Randbedingungen: linke Stirnfläche festgehalten, rechte Stirnfläche unter einer 500 N senkrecht zur Achse belastet; Geometrie gemäß Aufgabe 1; Material Stahl (z. B. S235JR); Netz grob gewählt (Befehl „coarse mesh“ gewählt).
- Ergebnisse: maximale Verschiebung an der freien Endstelle, maximale Normalspannung in der Nähe der festen Stirnfläche; qualitative Beurteilung der Belastungsverteilung; Hinweise zu möglichen Verbesserungen wurden angegeben.