

Übungsaufgabe

Toleranzen, Passungen, Oberflächenqualität und
Fertigungsgerechte Gestaltung

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: Toleranzen, Passungen, Oberflächenqualität und Fertigungsgerechte Gestaltung

a) Definieren Sie die Begriffe Toleranz, Spiel bzw. Passung, Oberflächenqualität sowie Fertigungsgerechte Gestaltung. Erläutern Sie, wie diese Konzepte zusammenwirken, um eine funktionsgerechte Welle-Nabe-Verbindung sicherzustellen.

b) Gegeben sind folgende Größenbereiche:

- Loch (D) $\text{Ø}40.00$ mm mit Toleranz $+0.00 / - 0.08$ mm
- Welle (d) $\text{Ø}39.70$ mm mit Toleranz $+0.00 / - 0.04$ mm

Bestimmen Sie min. und max. Passungsspiel (C) und geben Sie an, ob die Passung eine Freigängige Passung oder eine geringe Spielpassung darstellt. Formulieren Sie die Berechnung eindeutig und verwenden Sie die Größen der jeweiligen Toleranzzonen.

c) Beschreiben Sie, wie Oberflächenqualität in einer technischen Zeichnung festgelegt und kommuniziert wird. Geben Sie mindestens zwei gängige Aspekte an (z. B. Rauheit, Materialoberfläche) und erläutern Sie, wie diese in der Praxis die Lebensdauer und Funktion beeinflussen können.

d) Fertigungsgerechte Gestaltung: Skizzieren Sie die wesentlichen Überlegungen, wie Toleranzen, Oberflächenqualität und Materialwahl zusammenwirken, um eine kostengünstige und zuverlässige Welle-Nabe-Verbindung zu erhalten. Nennen Sie zwei mögliche Vorgehensweisen zur Reduktion von Fertigungs- und Montageschwierigkeiten und begründen Sie deren Nutzen.

Aufgabe 2: Praxisbeispiel – Auslegung einer Welle-Nabe-Verbindung im Fertigungsprozess

- a) Stellen Sie eine einfache, fertigungsgerechte Auslegung einer Welle-Nabe-Verbindung vor. Beschreiben Sie in Worten, welche Toleranzen sinnvoll gewählt würden, um eine klare Passung zu realisieren, und begründen Sie Ihre Wahl.

- b) Geben Sie an, wie Oberflächenqualitätsanforderungen (z. B. Ra-Werte) in Zeichnungen festgelegt werden sollten und welche Gründe für eine gute Oberflächenqualität bei Welle und Lagerung sprechen.

- c) Nennen Sie mindestens zwei geeignete Fertigungsverfahren zur Herstellung von Welle und Nabe in dieser Auslegung und erklären Sie kurz, welche Auswirkungen diese Verfahren auf Toleranzen, Oberflächenqualität und Kosten haben.

Lösungen

Lösung zu Aufgabe 1: Toleranzen, Passungen, Oberflächenqualität und Fertigungsgerechte Gestaltung

a) Allgemeine Definitionen und Zusammenwirken der Konzepte

- Toleranz: zulässige Abweichung einer Geometrie bzw. Abmessung um eine Nennmaßgröße. Sie definiert den erlaubten Bereich der Ist-Größe um das Nennmaß.
- Spiel bzw. Passung: Differenz der Durchmesser zweier Bauteile (in der Praxis Loch- bzw. Wellenmaß). Je nach Vorzeichen kann diese Differenz zu Freigängigkeit, geringem Spiel oder auch Interferenz führen.
- Oberflächenqualität: Beschaffenheit der Oberflächenrauheit und der Oberflächenstruktur, beschrieben durch Grenzwerte (z. B. Ra, Rz) und Zerstreuung der Oberflächenmerkmale; beeinflusst Reibung, Verschleiß und Lebensdauer.
- Fertigungsgerechte Gestaltung: Abstimmung von Abmessungen, Toleranzen, Oberflächenqualität und Materialwahl unter Berücksichtigung von Fertigungskosten, ((Montage))-Aufwand und Zuverlässigkeit der Baugruppe. Ziel ist eine robuste, kostengünstige Welle-Nabe-Verbindung mit akzeptabler Passung und passender Oberflächenqualität.

Die drei Konzepte wirken zusammen: Toleranzen definieren die zulässigen Fertigungsverläufe; die Passung bestimmt, ob eine Fertigungsverbindung montierbar und funktionsfähig bleibt; die Oberflächenqualität beeinflusst Reibung, Abrieb und Lebensdauer der Welle-Nabe-Verbindung.

Die fertigungsgerechte Gestaltung sorgt dafür, dass Fertigungskosten, Montageaufwand und Zuverlässigkeit bestmöglich ausbalanciert sind.

b) Bestimmung von Passungsspiel und Einordnung Gegeben:

$$\begin{aligned} \text{Loch } D : \quad D_{\max} &= 40.00 \text{ mm}, \quad D_{\min} = 39.92 \text{ mm} \\ \text{Welle } d : \quad d_{\max} &= 39.70 \text{ mm}, \quad d_{\min} = 39.66 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berechnungen:

$$\begin{aligned} C_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = 40.00 - 39.66 = 0.34 \text{ mm} \\ C_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = 39.92 - 39.70 = 0.22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Da

$$C_{\min} > 0 \quad \text{und} \quad C_{\max} > 0,$$

liegt eine Freigängige Passung (Clearance fit) vor. Die Passungsspanne beträgt 0.22 mm bis 0.34 mm.

c) Festlegung der Oberflächenqualität in der Zeichnung Zwei gängige Aspekte der Oberflächenqualität:

- Rauheit Ra (Oberflächenrauheit): gibt die mittlere Abweichung der Oberflächenprofilhöhe an. Typische Anforderungen sind Ra-Werte in μm -Bereich je nach Funktion. Beispielwerte:
 - Welle (Lauigkeiten/Seekontakt mit Lager): $Ra \leq 0.8\text{--}1.6 \mu\text{m}$ (je nach Belastung und Schmierung).

– Lagerbahn bzw. Reibpaarung: $Ra \leq 0.4\text{--}0.8 \mu\text{m}$ für geringeren Verschleiß.

- Oberflächenzustand und Verfahren (z. B. geglättet, gehont, geground): Der Oberflächenzustand beeinflusst Tribologie, Steifigkeit, Spaltbildung und Ermüdung. Glattere Oberflächen verbessern die Lebensdauer bei gleitenden/rollenden Kontakten und verringern örtliche Spannungskonzentrationen.

Hinweis in Zeichnungen:

- Ra-Grenzwerte in der Bemaßung (z. B. $Ra 0.8 \mu\text{m}$) plus ggf. Hinweise zu den Bearbeitungsverfahren (z. B. Drehen, Schleifen, Honen) oder Prozessklauseln.
- Gegebenenfalls zusätzliche Oberflächenangaben wie Rz, Rmr, Oberflächenbehandlung (z. B. Nitrieren, Härten) und Oberflächenzustand (z. B. poliert, matt).

Auswirkungen in der Praxis:

- Zu geringe Rauheit erhöht Reibung und Verschleiß, kann aber Ölfilmbildung behindern; zu hohe Rauheit erhöht Verschleiß und führt zu erhöhter Wärmeentwicklung.
- Für Welle-Nabe-Verbindungen beeinflusst die Oberflächenqualität die Lebensdauer der Kontaktflächen, die Montage und das Verhalten bei Lastwechseln.

d) Fertigungsgerechte Gestaltung: zwei typische Vorgehensweisen zur Reduktion von Fertigungs- und Montageschwierigkeiten

1. Verwendung standardisierter Passungsklassen (z. B. ISO-Fits wie H7/H6 o. ä.) für Loch und Welle, um Interchangeability sicherzustellen und Fertigungstoleranzen zu vereinheitlichen; begleitend klare Oberflächenanforderungen festlegen. Nutzen: einfachere Losgrößen, Standardwerkzeuge, geringere Toleranzkorrigierungskosten, bessere Ersatzteilversorgung.
2. Einsatz von Montageshilfen und Zentrierung: z. B. Passstifte, Zentrierhülsen, Schraubensicherung oder Keil-/Klemmbauteile, um Koaxialität sicherzustellen und die Montage zu erleichtern. Nutzen: schnelle und fehlerarme Montage, geringerer Montageschaden, verbesserte Geometrie- und Passung.

Zusammenfassend ermöglichen diese Ansätze eine kostengünstige Fertigung bei ausreichender Funktion und Zuverlässigkeit der Welle-Nabe-Verbindung.

Lösung zu Aufgabe 2: Praxisbeispiel – Auslegung einer Welle-Nabe-Verbindung im Fertigungsprozess

a) Einfachere, fertigungsgerechte Auslegung Vorgabe zur Auslegung (zielgerichtet auf geringe Montageschwierigkeiten und einfache Fertigung):

- Freigängige Passung mit kleinem Spielbereich zwischen Welle und Nabe (z. B. $C \approx 0.02\text{--}0.10$ mm).
- Verwendung einer passgenauen Bohrung in der Nabe (Bohren/Reiben) und einer passenden Welle.
- Zur Übertragung von Drehmoment zusätzlich eine Keilnut oder Passfedernut, sinnvoll dimensioniert.

Beispielabmessungen (skizzenhaft):

Nabenbohrung $D = 40.00$ mm (Toleranz: $+0.00 / -0.05$ mm)

Welle $d = 39.93$ mm (Toleranz: $0 / -0.02$ mm)

Ergebnis:

$$C_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 40.00 - 39.93 = 0.07 \text{ mm}, \quad C_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 39.95 - 39.93 = 0.02 \text{ mm},$$

daraus folgt eine Freigängige Passung mit einer Spielweite von ca. $0.02\text{--}0.07$ mm. Begründung: einfache Fertigung (Drehen/Bohren) und Montage (ohne Hemmungen durch Interferenz), trotzdem ausreichender Halt durch Passung und zusätzlicher Nut/Keilung zur Lastübertragung.

b) Oberflächenqualitätsanforderungen in Zeichnungen Beispiele für Oberflächenqualitäten:

- Welle (Laufbahn-/Berührungsebenen) $R_a \leq 0.8\text{--}1.6 \mu\text{m}$.
- Kontaktflächen (Lagerlaufbahnen) $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ oder besser, je nach Schmierlage.
- Allgemeine Flächen (Nabe, Nebenflächen) $R_a \leq 1.6\text{--}3.2 \mu\text{m}$, ggf. Rz-Werte als Alternative.

Gründe:

- Geringere Reibung/Wear führt zu längerer Lebensdauer der Lagerung.
- Bessere Passform und Koaxialität erleichtern Montage und erhöhen Zuverlässigkeit unter Last.

In Zeichnungen kann man R_a -Werte direkt neben der entsprechenden Oberfläche notieren oder in einer Prozessbeschreibung angeben; bei kritischen Oberflächen empfiehlt sich zusätzlich eine Prozessklausel (Drehen, Honen, Schleifen, etc.). c) Zwei geeignete Fertigungsverfahren zur Herstellung von Welle und Nabe in dieser Auslegung

1. Drehen (Turning) als Grundfertigungsverfahren:

- Welle: runde Profilierung der Außenfläche; präzise Endabmessungen.

- Nabe: Innenbohren bzw. Außenfläche entsprechend der Bohrung (mit ggf. Aufmaßen der Außenrundung).

Auswirkungen: kostenoptimiert, gute Rundheit; Nachbearbeitung (Reiben/Honen) zur Verbesserung der Oberflächenqualität.

2. Nachbearbeitungen zur Oberflächenfinish und Maßfeinheit:

- Reiben/Honen der Bohrung (Nabe) zur Verbesserung der Passungsklarheit (geringe Rauheit, genaues Maß).
- Honen bzw. Schleifen der Welle oder Nabe zur Erreichung sehr glatter Kontaktflächen sowie besserer Oberflächenqualität (Ra-Werte).

Auswirkungen: erhöhte Oberflächenqualität, bessere Passungstoleranzen, höhere Kosten, aber robuster für hohe Beanspruchung.