

Technisches Zeichnen

Maßstab $x:1$ Vergrößerungsmaßstab

Maßstab $1:x$ Verkleinerungsmaßstab

--- Strichpunktlinie: Symmetrielinien, Mittellinien
Normschrift: Großbuchstaben

 : Schnittfläche immer 45°

Maßstabslinienabstand: 7 mm Abstand Körperanteile: 10 mm

Maßstabslinienverlängerung: 2 mm

Maße immer oberhalb vom Pfeil und von rechts schnecht lesbar
Maßpfeile immer ausgefüllt und in 45° Winkel 

Toleranzangaben: Tabelle Kleinbuchstabe: Nenn- Großbuchstabe: Betrag

Projektionsmethoden

- Zentralprojektion
- Orthogonale Darstellung
- Axonometrische Darstellung

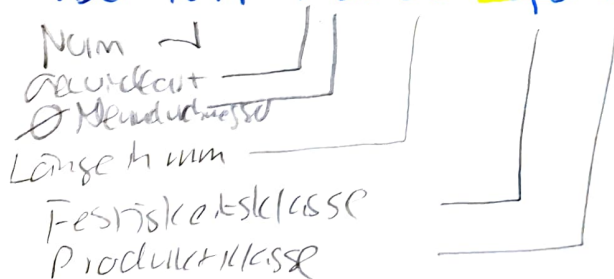
Schnittarten:

- Vollschnitt
- Halbschnitt
- Teilschnitt
- Profilschnitt



Gewindebezeichnung:

ISO 4014 - M8 x 50 - 8,8 - A



$$R_m = 8 \times 100 \frac{N}{mm^2} = 800 \frac{N}{mm^2}$$

$$R_e = R_m \times 0,8 = 800 \cdot 0,8 = 640 \frac{N}{mm^2}$$

Toleranzklasse

Großbuchstabe: Bohrung (Innenmaß)

Kleinbuchstabe: Welle (Außenmaß)

obers Abmaß, untes Abmaß, Toleranzfeldbreite, Mindestmaß, Höchstmaß

Ø 30 j6
└─ Nennmaß
└─ Gruppierung
└─ Grundmaß

1. Einführung

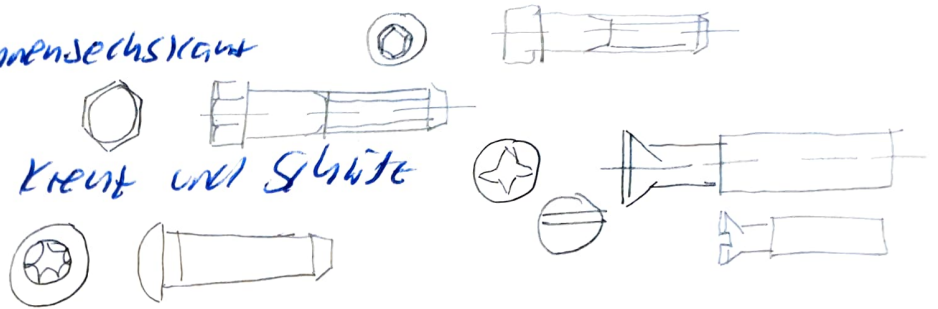
Konstruktionsarten:

- Neukonstruktion
- Anpassungskonstruktion (oft Neukonstruktion einzelner Teile)
- Variantenkonstruktion (Abmessungen von Einzelteilen geändert)

2. Maschinenelemente und technisches Zeichnen

Schraube

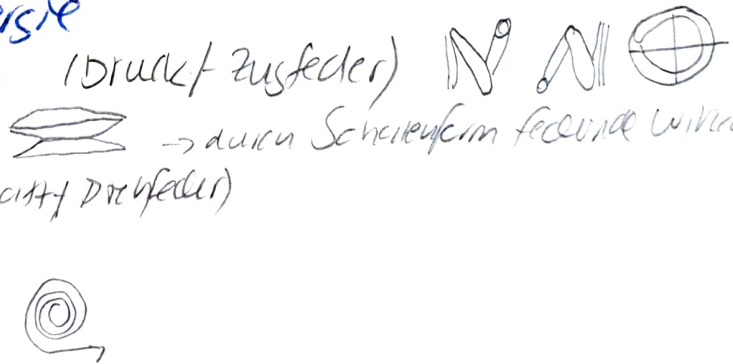
- Zylinderschraube mit Innensechskant
- Sechskantschraube
- Senkschraube mit Kreuz und Schutz
- Flachkopfschraube



Feder

nehmen durch Kompression, Dehnung und Verdrehen Kraft auf und speichern in potenzielle Energie

- Schraubenfedern (Druck / Zugfeder)
- Felfeder
- Stabfedern (Biege / Drehfeder)
- Ringfedern
- Spiralfeder



Achsen- und Wellen

- werden bei Rotationsbewegungen eingesetzt

Achsen:

Tragen und lagern rotierende Elemente

- rot. Element fest mit Achse verbunden (Umlaufende Achse)
- rot. Element lose auf Achse drehen (Festschraub Achse)

⇒ übertragen kein Drehmoment

Wellen:

rotieren immer mit
übertragen Rotation

⇒ übertragen ein Drehmoment

Welle - Nabe - Verbindung

ist nötig, um Rotationsbewegung von Welle auf anderes Bauteil zu übertragen

- **Formschlüssige Verbindung** (durch spez. Formen (z.B. Keilwellen) oder zusätzl. Elemente (z.B. Passfedern) hergestellt)
- **Kraftschlüssige Verbindung**
erfolgt durch Reibung $\rightarrow$ Anpressen eines Bauteils
(z.B. Klemmverbindungen und Spannbuchsen)
- **Stoffschlüssige Verbindung**
(z.B. Kleben, Schweißen, Löteten) $\rightarrow$ (mischt 1 Bauteil)

Lager

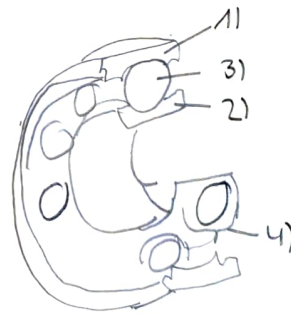
Verbindung von beweglichen und feststehenden Teilen

- Aufgaben:
- Stützen und führen bewegliche Teile
 - Lassen nur Übergang in vorbestimmte Richtung zu
 - nehmen äußere Kräfte und Momente auf
 - reduzieren Verschleiß

Wälzlager

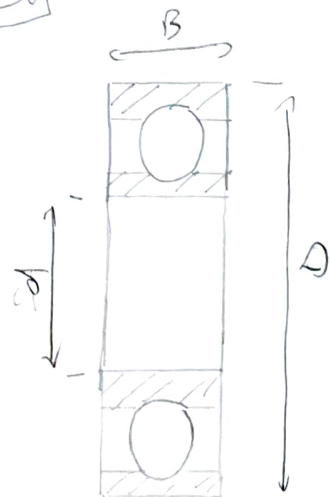
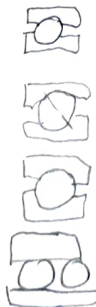
bestehen aus

- 1) Außenring
- 2) Innenring
- 3) Wälzkörper
- 4) Käfig



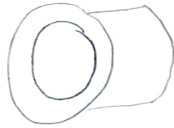
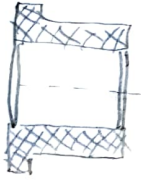
Formen:

- Rillenkugellager
- Schrägkugellager
- Vierpunktlager
- Pendellager
- Axial-Rillenkugellager



Gleitlager

- ruhende und bewegte Elemente stellen aneinander vorbei.
- Reibung kann verringert werden durch Schmierstoffe (z.B. Öl, Fett...)
- Schmierstoff für ext. Schmierpumpe
- Einfachste Form Lagerbuchsen, die auf Welle aufgesteckt werden.

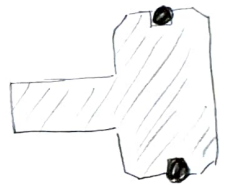
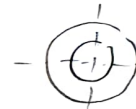


Dichtung

begrenzen Stoffaustausch (fest, flüssig, gasförmig)
Verhindern Leckagen, Wasseraustritt, ...)

a) Statische Dichtungen (zw. 2 ruhenden Bauteilen)

- erfolgt immer durch Berührung der Bauteile
- runden Stoffschlüssiger Verbindungen
- häufig O-Ringe verwendet



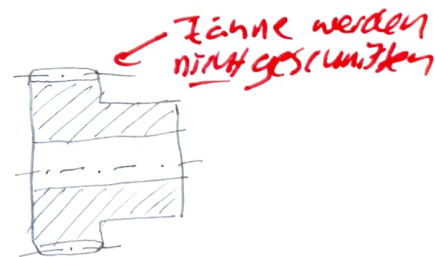
b) Dynamische Dichtung (zw. 2 bewegten Bauteilen)

Bsp: Radialwellendichtring

- können berührungsfrei sein
- → Labyrinthdichtung z.B.

Zahnrad

- werden zur Drehmomentübertragung genutzt



Getriebe

- wird zw. Antrieb und Abtrieb eingesetzt
- Antrieb z.B. Motor oder Pedale eines Fahrrads
- Abtrieb z.B. Rad oder Bohrfutter

Aufgabe

- zugeführte Leistung in hohe Geschwindigkeit (Drehzahl) oder groß. Kraft (Drehmoment) umgesetzt
- Erhöhung Drehmoment $\leftrightarrow$ Verringerung Drehzahl
- Zahnradgetriebe oder Zugschneckengetriebe

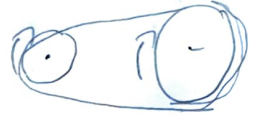
Zahnradgetriebe

- einem oder mehrere Zahnradpaaren
- Rotationsbewegung wird von einem auf das andere Zahnrad übertragen und ändert dabei die Richtung
- Bei unterschiedlichen Zahnzahlen ändern sich Drehzahl und Drehmoment



Zusmittelfahren

- Rotationsbewegung wird über ein Zusmittel zu Scheiben übertragen
- Zusmittel:
 - Riemen
 - Ketten
- Rotationsrichtung bleibt gleich
- "



3. Grundlagen der Statik

Kräfte

$$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

- Äußere Kraft: Belastungen, Antriebskräfte
- Innere Kraft: Stützkräfte, Reaktionskräfte

Einzelkraft:

- greift an einem Punkt an und ist definiert durch:
 - Größe / Betrag
 - Wirkungsline
 - Richtungslin
 - Lage
- Kraft ist eine vektorielle Größe

Linienkraft

$$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

- greift entlang der Linie an
- Gleichmäßig verteilt durch Flächenschwerpunkt
- Ungleichmäßig " Streckenlast



Flächenkraft:

$$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

- greift über Fläche eines Körpers an
- kann gleichmäßig oder ungleichmäßig sein



ungleichmäßig

Volumen- oder Massenkraft

- greift über das Volumen des Körpers verteilt an

Kraftpaar und Momente



$$F_x = F \cdot \cos \varphi$$

$$F_y = F \cdot \sin \varphi$$

$$\text{Moment} = \text{Kraft} \cdot \text{Hebelarm} = 0$$

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0 \quad \sum M_{x,y,z} = 0$$

Vorgehen:

- 1.) Skizze aufzeichnen
- 2.) Koordinatenrichtung festlegen
- 3.) Äußere Kräfte und Momente einsetzen
- 4.) Reaktionskräfte und Momente einsetzen

4. Ermittlungen der Spannungen

Fälle:

Zug $\rightarrow$ Schraube
Druck $\rightarrow$ Platte
Biegung $\rightarrow$ Achse
Schub $\rightarrow$ Bolzen
Torsion $\rightarrow$ Welle

Normalkraft

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Hooke'sches Gesetz

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

(Verlängerung unter Last)
(unbelasteter Zustand)

Einschränkung:

$$\epsilon_g = \frac{\Delta d}{d}$$

Biegung

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$W_z = \frac{I_z}{e}$$

~~Widerstandsmomente~~ können weder addiert noch subtrahiert werden!

Torsion:

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$$

gleichartige Spannungen: Zug und Biegung (Normalspannung)

ungleichartige Spannungen: Biegung und Torsion (Normal- und Schubspannung)

Gleichartige Spannung können addiert werden!

Ungleichartige Spannung ist keine einfache Zusammensetzung der Spannungen möglich.

$\rightarrow$ Hypothesen $\rightarrow$ mehrachsiger Spannungszustand $\rightarrow$ Vergleichsspannung

$\rightarrow$ (GEH) ist am geeignetesten

Vorgehen:

1) Ort der höchsten Beanspruchung im Querschnitt suchen

2) Gleichartige Spannungen addieren

3) Ungleiche Spannungen zur Vergleichsspannung σ_v zusammenfassen.

5. Grundlagen der Gestaltung

Grundregeln der Gestaltung:

- **Effektiv** (Erfüllung technischer Funktionen)
- **Einfach** (wirtschaftliche Realisierbarkeit)
- **Sicher** (Halbbarkeit, Zuverlässigkeit)

Vorgehensweise:

- innen nach außen konstruieren

Funktionsgerecht: Erfüllung der Funktion?, Ausschau, Kosten, Material...

Rechtlinien:

- Funktion einfache Weise
- Unnötiger Werkstoffverbrauch vermeiden
- Unnötige Bearbeitung vermeiden
- Wenn zu hochwertigen Werkstoff auswählen
- Kraftfluss berücksichtigen
- Verbundwirkung vermeiden
- Wandstärkeveränderungen vermeiden!
- Kostengerecht: werkstoffgerecht konstruieren! Hauptkosten entstehen in Fertigung

Fertigungsverfahren:

- Brechen • Gießen • Schmieden u. Pressen • Sintern (zusammenschmelzen von Kunststoff in Pulverform)
- Schweißen • Spritzguss • Drucken • verschiedene Kombinationen

WICHTIG:

- Einfach mit ausl. KZ
- Werkstoff abstimmen
- Toleranzen beachten
- Vereinfachung nutzen

Montagegerecht:

- Funktionsfertig des Bauteils ohne weitere Hilfsmittel, Reparatursystem
- Formen: Quader, Zylinder, Prismen, Kegel → einfache geometrische Formen → **Kosten sparen**
- Computergesteuert (NC: Numerical Control): Aufwendige Formen
- Komplexere Formen durch Gießerei herstellen

Kraftfluss

- Sie fließt durch Bauteile wie Flüssigkeit
- bevorzugt den kürzesten Weg



Keilwirkung

- Schräge Einengungen (Spannungsspitzen)
- Keilen: Formmerkmal
- > mindern Festigkeit des Bauteils

Äußere Keilen

häufig unvermeidbar: bevorzugte Maßnahme: **Ausrundung, Entkeilung**
(Radius so groß wie möglich) (teuer!)



Bei dynamischer Beanspruchung sind glatte

Oberflächen (poliert) erforderlich, um Keilwirkung zu minimieren

Innere Keilen:

- Einschlüsse von außen nicht sichtbar

Bei dynamischer Beanspruchung muss sichergestellt werden, dass Werkstoff frei von inneren Keilen (Fehlstellen, Einschlüssen) ist:

-> Werkstoffprüfungen (Röntgen, Ultraschall, Magnetisch)

Gussteile

- Werkstoff entsteht durch Abkühlung
- größte Freiheit der Gestaltung
- einfachstes Verfahren der Formgebung
- geeignet für Massproduktion (Einzerteile zu teuer!)
- viele Kunststoffgüsse

1) Guss mit verlorenem Modell in verlorenen Form

- genau, teuer
- Formmaterial Sand, Lehm, Ton

2) Guss mit wiederverwendbarem Modell in verlorenen Form:

- wirtschaftlich, wirksamstes Verfahren (Gussereien)
- Möglichkeit von Hinterschneidungen
- Formmaterial: Sand (Lehm)

Sandguss



bei vollständiger Abkühlung Anguss und Speiser entfernen, verputzen und Schleifen

3) Guss in wiederverwendbarer Form (Kokillenguss)

- Serien Teile, Ruckteile, Hartgussteile
- wirtschaftlich ab 2000 Stück
- Grauguss

Schweres ~~Teil~~ für
hohle Teile:

4) Druckguss in wiederverwendbarer Form:

- für Serien wirtschaftlich

- Stahl

Gussereien: nied. Gießtemp., gute Verformbarkeit, komplizierte Formgebung möglich

Grauguss: günstigster Preis, gute Bearbeitbarkeit, Druckfest.

Nachteile: spröde, keine Bruchdehnung, nichtschweißbar, Bruch bei -20°C

Temperguss: Runzustand nicht verformbar, höhere Festigkeiten als Grauguss
schweißbar

Sphäroguss: schweißbarformbar, wie Grauguss, für viele Temp. geeignet.

Stahlguss: - Verüten, Härten möglich, warm und kalt verformbar, schweißbar
Nachteil: höhere Gießtemperaturen, schwierige Bearbeitung, teuer!

Kunststoffe: durch Spritzgussverfahren hergestellt, meist PE, PP, PC, PVC

Modell und Form

Günstige Formkosten

- keine Hinterschneidungen
- geringe Einfuhrhöhe
- wenig Keile

Günstige Modellkosten

- einfache Grundformen
- ungeteilte Ausführung
- einfache, wenige Keile

Fertigungsvereinfachungen durch:

- gut abgestützte Keile
- ausreichende Durchfuhrgeschwindigkeiten
- Vermeidung scharfer Wandracken

- Jedes Hauptteil muss nachbearbeitet (z.B. Fräsen) werden!
- Gase, Wasserdampf entweichen, muss berücksichtigt werden!

kleinste Wandstärke abhängig von:

- Fließvermögen des Werkstoffes
- Maßgenauigkeit der Form
- Schrumpfkoeffizient des Werkstoffes

z.B. flüssiges Metall hat andere Dichte als festes Metall

- Einführen des Werkstoffs

- Erstarrung geht von Formwänden aus

⇒ Folgen:

- a) Lunker
 - b) Eigenspannungen
 - c) Unterschiedliche Gefüge innerhalb eines Werkstückes
 - d) Orientierung
 - e) Bildenränder
- } bei Kunststoffen

Spannende Bearbeitung:

1. Abarbeiten von Kuppen (Bearbeitung einfach)
2. Einarbeiten von bearbeiteten Flächen (einfach außer bei erdigen Kernen, erfordert besondere Sorgfalt)
3. Abarbeiten ebenso am Fußstück vorgesehen & vorspringender Bearbeitungsflecken. (Häufiges Problem: Hinterschneidung) (genaue Definition: Form, einfache Bearbeitung)

6. Antriebstechnik

mech. Bewegung erfolgt linear oder rotierend

Kraftmaschine

wandelt thermische, chemische, elektr. Energie in mechanische Energie um. Vor allem eingesetzt zum Antrieb von Arbeitsmaschinen (Elektro/V Verbrennungsmotor)

Arbeitsmaschine

durch Zufuhr von mech. Energie Arbeit verrichten. (Pumpen, Ventilator)

Rotation

Drehmoment M , Winkelgeschwindigkeit ω , Drehzahl n

$$P = M \cdot 2\pi \cdot n$$

Translation

Kraft F , Geschwindigkeit v

$$P = F \cdot v$$

Elektrische Maschinen

Gleichstrommaschine

Universalmotor

→ Wechselstrom/
Drehstrommaschine

Aufbau eines Elektromotors:

- Motorwelle
- Rotor, Anker → rotierend
- Stator / Ständer → feststehend

Bürstenbehafteter Gleichstrommotor

- Durch Magnetfeld dreht sich der Anker in Richtung Stator
- Durch Umschalten der Wicklungspolart, dreht sich Anker → Rotation
- Ankerbürste durch Kohlebürsten an Gleichstromquelle verbunden.
- Kommutator dreht sich
- Gleichmäßige Bewegung entsteht durch mehrere Leiterstreifen

Anwendung: Spreitzage, Kleinpumpen, Akkuschrauber
Händepresse, Wurzelbehandlung

Ansteuerung:

1 Quadrantenstrich	2 Quadranten	4 Quadrantenstr.
Motor in eine Richtung	Motor in eine Richtung + Bremsung	Betreiben und Bremsen in beide Richtungen

Drehstrom

- rotierender Magnet erzeugt in drei Spulen Wechselspannungen $\rightarrow$ 3 Phasen
- keine zeitlich pulsierende Leistung
- Besser Wirkungsgrad als Wechselstrom
 - Sternschaltung
 - Dreieckschaltung

Asynchronmotor

- besteht aus 3 Wirkungssträngen, werden an Drehstromnetz angeschlossen und erzeugen rotierendes Magnetfeld
- Durch wechselndes Magnetfeld wird im Rotor elektrische Spannung induziert
- Rotorgeschwindigkeit ist immer kleiner als die Rotationsgeschwindigkeit des Magnetfeldes $\rightarrow$ asynchron
- Unterschied zw. Frequenz des Stators und Frequenz d. Rotors wird Schlupf genannt.

Anwendung: Kompressoren, Pumpen für Wasser u. Abwasser, Belüftung, Absaugung

Vorteile: robust, keine Schleifkontakte, wartungsfrei, preiswert

Nachteile: groß, nicht-lineare Verhalten, Geräusche

Schrittmotor

Anwendung: exakte Positionierungsaufgaben, hohe Wiederholgenauigkeit
3D-Drucker, Zeichengeräte (Auto), Leber, Mikroskopie
FEM - Ultraschalldrucker

Hydraulikantrieb

besteht aus Pumpe, Reservoir, Steuerventil und Hydraulikzylinder, in dem die Druckenergie der Hydraulikflüssigkeit in mech. Energie umgewandelt wird.

z.B. Bagger, Hebebühne, Krankenhausbetten

$\rightarrow$ hohe Energiedichte, ~~Energiespeicherung~~,
feuer, sterilisierbar, modbar

Pneumatikantrieb

- Luft oder Gase als Druckmedium zum Erzeugen von Bewegungen
- Betreiben von Ventilen möglich
- Zahnradpumpe z.B.

$\rightarrow$ hohe Energiedichte, ausgeprägte Energiespeicherung,
günstig, sterilisierbar, problemlos

7. Umwandlung von Bewegungsformen

Leistung

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Arbeit

$$W = F \cdot \Delta s$$

Rotatorische Bewegung:

$$P = 2\pi \cdot n \cdot M$$

→ Um Kraft / Drehmoment und Geschwindigkeit / Drehzahl zu variieren, werden Getriebe benötigt:

hohe Geschwindigkeit → geringe Kraft

geringe Geschwindigkeit → hohe Kraft

Getriebe

Kurvengetriebe

Koppelgetriebe

rotierende Kurvenscheibe gleitet auf Ebenflächenglied ab (Nockenmechanismus)
 Glieder, die kinematisch verbunden sind; häufig Umwandlung einer Rotation in Schubbewegung; auch Umwandlung einer Schubbewegung in Rotationsbewegung (Schreibzylinder, Tiefpumpe)
 4 einfache Rotationsglieder → viele Möglichkeiten, Anwendungen (Liegestuhl, Werkzeugkasten, Fitnessgeräte)

Gleichförmig übersetzende mechanische Getriebe

Übersetzungsverhältnis

$$i = \frac{n_{an}}{n_{ab}} = \frac{M_{ab}}{M_{an}}$$

n = Drehzahl
 M = Drehmoment

Zahnradgetriebe

$$i = \frac{z_{ab}}{z_{an}}$$

z = Zähnrzahl

Reibrad- und Zugmittelgetriebe

$$i = \frac{d_{ab}}{d_{an}}$$

d = Durchmesser des Rades

→ meist mehrere Räderpaare

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$

→ Jeder Zahn besitzt Arbeits- und Rückflanke (je nach Drehrichtung)

→ Evolventenverzahnung

einfach, kostengünstig
 tolerant, ss. kleiner Achsabstandsfehler

→ häufiges verwendeter Flankenprofil

Zykloidverzahnung

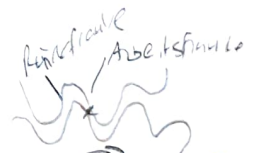
geringe Reibungsverluste

kl. Zahnverzahnung möglich

- teuer und empfindlich Achsabstandsfehler

→ nur bei Feinwerktechnik auszuwählen

Kopfkreis · Walzkreis · Grundkreis · Fußkreis



Getriebebauarten:

Stirnradgetriebe



- Innenverzahnung, größt. Drehmomentübertragung aufwendige Herstellung
- Zahnstange, erzeugen cheere Bewegung

↳ - Geradverzahnung

Zahnradler kostengünstig, starke Geräusche
 → eher für geringe Umfangsgeschwindigkeit geeignet

- Schrägverzahnung

Kraftübertragung stetig / stufenlos, Geräusche reduzierte Übertragung höherer Drehmoment.
 → höherer Lagerverschleiß, Axialkräfte

- Pfeil- und Doppel- - Schrägverzahnung

höhere Beanspruchbarkeit, Geringe Geräusche
 keine Axialkräfte, geringer Verschleiß
 - Aufwendige Fertigung

Kegelradgetriebe

- Achsen nicht parallel, meist 90° zueinander
- Übertragung einer Drehbewegung und Drehmoment mit sich schneidenden Achsen.
- Hohe Sorgfalt bei Fertigung, Einbau und Lagerung!

→ Geradverzahnung, Schrägverzahnung, Bogenverzahnung

Schraubgetriebe

kreuzende Achsen (90°)

→ Schraubradgetriebe können axial verschoben werden ohne zu gefährden
 Nachteile: geringe Tragfähigkeit, höherer Verschleiß, kleiner Wirkungsgrad

→ Schneckengetriebe

immer aus Schnecke und Schneckenrad
 Übertragung von großen Drehmomenten
Geräuscharm, kleiner und leichter

Nachteile: hohe Axialkräfte, hoher Verschleiß

Planetengetriebe

An- und Abtriebswelle liegen koaxial
 besteht aus:

- Hohlrad
- Planetenträger
- Sonnenrad

Zahnradgetriebe

Vorteile

Änderung Drehrichtung möglich
 kompakte Bauweise
 hoher Wirkungsgrad

Nachteile

starke Kraftübertragung
 unerwünschte Schwingungen
 bei hoher Drehzahlen

Zusmitttelgetriebe

erfolgt über Zusmitttel (Riem oder Ketten)



→ Riemengetriebe

- Kraftübertragung nur reibschlüssig (Flach- oder Keilriemen)
- zusätzlicher Formschluss → Zahnriemen

→ Zahnriemen

- Scheibe und Riemen laufen synchron (deshalb auch Synchronriemen genannt)

Nachteile: hohe Fertigungskosten und Empfindlichkeit

Riemengetriebe

Vorteile

- elastische Kraftübertragung
- geräuscharm
- Übersetzen in Stufe realisierbar
- Geringer Wartungsaufwand

Nachteile

- große Umlenkelastung
- Schlupf lässt keine konstante Übertragung zu
- Umwelteinflüsse haben Einfluss auf Reibungsverhalten

→ Kettengetriebe

häufig im Maschinenbau eingesetzt

Vorteile

- konstante Übersetzung
- Unempfindlich gegen Umwelteinflüsse
- geringere Lagerbelastung als bei Riemengetriebe

Nachteile

- unelastische, starre Kraftübertragung
- kein Kreuzen der Wellen möglich
- teurer als Riemengetriebe
- Schwingen durch ungleichmäßige Kettengeschwindigkeit.

8. Produktentwicklung



Design Thinking: Verstehen, Beobachten, Sichtweise definieren, Ideen finden, Prototypen entwickeln, Testen

Methodische Konstruktionsprozess: Aufgabe → Planen
↓
Konzipieren
↓
Entwerfen
↓
Ausarbeiten → Lösung

Planen:

Anforderungsliste
Hauptmerkmale leiste

Geometrie

Größe, Breite, Länge, Durchmesser, Anordnung

Kinematik

Bewegungs-art, -richtung, geschwindigkeit

Kräfte

Kraft-größe, -richtung, Häufigkeit, Last, Flexibilität

Energie

Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Druck

Stoff

Werkstoffe, Hilfsmittel

Signal, Sicherheit, Ergonomie, Festigung, Kontrolle

Montage, Transport, Gebrauch, Instandhaltung

Recycling, Kosten, Termin

Konzipieren:

Abstrahieren auf wesentliches Problem → Gesamtfunktion ableiten → Teilfunktionen aufbrechen
→ Lösungsprinzipien → Prinzip Kombinationen → Konzeptvarianten → Bewertung

Abstrahieren:

1. Gedankliche Wünsche weglassen

2. Forderungen weglassen, die nicht unmittelbar betreffen

3. Quantitative Angaben auf wesentliche reduzieren

4. Problem lösungsneutral formulieren

Funktionsstrukturen

Energie (E)

Stoff (S)

Signal (N)

Hilfsmittel

Diskussion, Lieferanten, Erfahrungen, Literatur, Versuche, Anschlussmuster, Berechnung

9. Produkt und Produktprogramm

Produktgestalt

Aufbau
Form
Farbe
Grafik

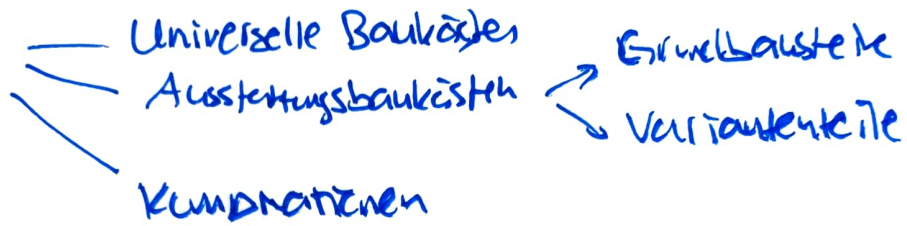
↑ Abstraktion

↓ Konkretisierung

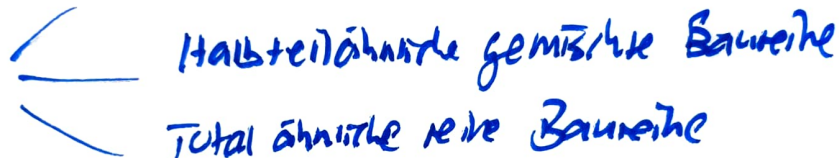
Funktionsgestalt
Interfacegestalt
Tragwerkgestalt

Funktionselemente und Baugruppen
Steuerung und Bedienung
Tragwerk u. Verkleidung

Baukästen



Baureihen



10. Maschinenelemente

besteht aus

- einem Teil
- mehreren Teilen
- mehreren einfachen Maschinenelemente

Gliederung nach

FUNKTION

WIRKPRINZIP

GESTALTUNG

Maschinenelemente der Verbindungstechnik:

- Klebverbindung
- Lotverbindung
- Schweißverbindung
- Schraubenverbindung
- Nietverbindung
- Federn

Antriebsstechnik:

- Achsen und Wellen
- Welle-Nabe-Verbindung
- Lager und Dichtungen

Konstruktion d. Antriebsstechnik:

- Kupplungen
- Zahnräder
- Merkurtransmission/Kumpenste
- Hydraulische

11. Achsen und Wellen

werden oft eingesetzt, wo Rotationsbewegungen ausgeführt werden

Achsen $\hat{=}$ sind umlaufend oder stillstehen

Funktion

- Tragen ruhende und bewegliche Maschinenelemente
- Übertragen Kräfte aber keine Drehmomente

Beanspruchung

- Biegung
- Zug / Druck
- Bei kurzen Achsen: Scherung durch Querkraft

Welle $\hat{=}$ grundsätzlich umlaufend

Funktion

- Tragen ruhende und bewegliche Maschinenelemente
- Übertragen Drehmomente

Beanspruchung

- Biegung u. Torsion
- Zug / Druck

Zapfen

Naben

in den Lagern laufende Abschnitte von Achsen/Wellen
dickwandige, meist hölzylindrische Bereiche von Bauteilen, die auf Achsen oder Wellen angeordnet werden und Kräfte und/oder Momente übertragen.

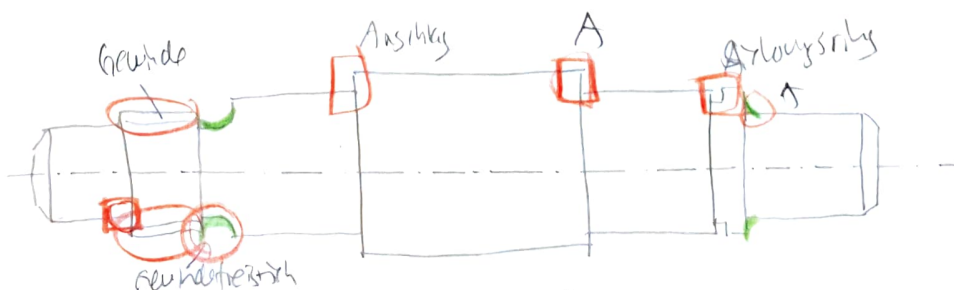
Unterscheidung je nach Beanspruchung:

- Achse auf Biegung
- Welle auf Torsion
- Welle auf Torsion und Biegung

$\Rightarrow$ Festigkeitsnachweise und -berechnungen durchführen



Jede Welle besteht aus 4 Funktionsabschnitten:
2 Naben, 2 Zapfen



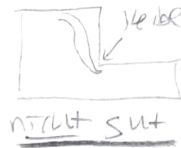
Weitere Funktionsabschnitte

- guter Übergang und besser für Verbilligung
- kann an dieser Stelle kaputt gehen

Keilwirkung

- Keil- und Passfedern nicht an Übergängen führen
- Zw. 2 Keilen Abstand lassen
- Kein Gewinde auf stark belastete Wellenabschnitte
- Nuten für Sitzungsringe
- Keilen in niedriger beanspruchte Wellenabschnitte legen

Beispiele:

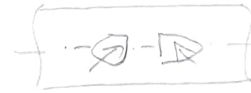
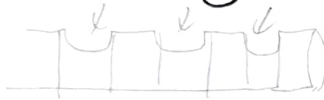
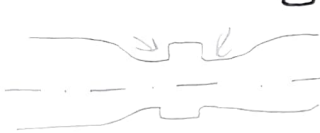


große Durchmesser
Übergänge vermeiden →



→ Entlastungsketten

zur Kraftumleitung und Reduzierung des Spannungsgradienten



Lagerung

- Stützweiten zw. 2 Lagern oder Laufflächen klein halten
- Lagerdichte an scheitern und Räder setzen (Durchbiegung d. Welle bleibt klein, hohe krit. Drehzahl)
- Kurze Welle austreten
- Welle möglichst nur an zwei Stellen lagern

Werkstoffwahl hängt ab von Funktion, Beanspruchung, Werkstoff des Maschinenbaus

- hochfeste Stoffe eingesetzt
- Metallischer Werkstoff (meist) Stahl
- Hartung: z.B. Nitrohartung (große Härte, geringe Verformbarkeit)

Härte → Oberfläche kratz-
fest, Abriebfest
keine!

→ dauert lange und teuer!
→ geschliffene Oberfläche können geschliffen werden

Oberflächen

zu bearbeitende Flächen nicht halten

Bei geschliffenen und geschliffenen Oberflächen geringe Rauhtiefe austreten:

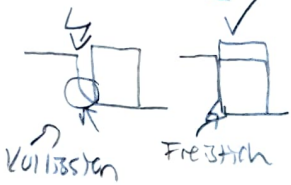
Oberfläche nur so gut, wie nötig → teuer!

→ Nitrohartung (Alternative, billig zur Nitrohartung)

Fertigung

Freistück

- erhöht die Verbundkraft
- für Auslauf der Werkzeuge bei Oberflächenbearbeitung



Muten und Behrungen

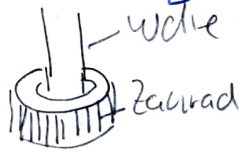
vor der Endarbeit fertigen, da Druckstellen und Verformungen aus der Einspannung die Schweißnaht-Eigenschaften der Welle beeinträchtigen kann

Stark abgeschliffene Welle

- vorzugsweise gesenktgeschmiedet
- bei großen Wellen ist Abdrehen wenig wirtschaftlich

mehrteilig aufgebauete Welle

- z.B. mit aufgeschraubten Bauteilen wie Zahnräder (Querpresseverband)
- Antriebsbünde können durch Stellscheiben ersetzt werden



→ Verbindung nicht mehr
125er nach Leinung mit
Stückstoff.

Spannende Nachbearbeitung

hochbelastete Wellen werden überschleifen → wird schlaff

Festsitzende Achsen

- Achsen übertragen keine Drehmomente
- wegen günstiger Beanspruchungsverhältnisse zu bevorzugen; sollten sich nicht drehen.

11. Achsen und Wellen

1) Dimensionierung

- Berechnung des überschüssigen Durchmessers d_{erf} am Ort d. höchsten Belastung
- Unterschied nach Beanspruchungsart

- 1) Lagerkräfte und wirkende Kraft ermitteln (Lagerresultierende bestimmen)
- 2) Beanspruchung beachten

a) Achse auf Biegung:

$$\sigma_{b, \text{zul}} = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$$

$$d_{\text{erf}} \geq \sqrt[3]{\frac{M_b \cdot 32}{\pi \cdot \sigma_{b, \text{zul}}}} \approx 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_b}{\sigma_{b, \text{zul}}}}$$

bei Hohlwellen:

$$W_b = \frac{\pi}{32} \left(\frac{d_{\text{au}}^4 - d_{\text{in}}^4}{d_{\text{au}}} \right)$$

b) Welle auf Torsion:

$$\tau_{t, \text{zul}} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{M_t \cdot 16}{\pi \cdot d^3}$$

$$d_{\text{erf}} \geq \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{t, \text{zul}}}} \approx 1,72 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\tau_{t, \text{zul}}}}$$

$$M_t = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

P = Leistung n = Umdrehung

c) Welle auf Biegung und Torsion:

$$\sigma_v = \sqrt{\left(\frac{M_b}{W_b} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_t}{W_t} \right)^2} = \frac{M_v}{W_b}$$

$$W_t = 2 \cdot W_b$$

$$M_v = \sqrt{M_b^2 + \left(\frac{M_t}{2} \right)^2}$$

$$d_{\text{erf}} \geq \sqrt[3]{\frac{M_v \cdot 32}{\pi \cdot \sigma_{b, \text{zul}}}} \approx 2,17 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{b, \text{zul}}}}$$



$$\left. \begin{aligned} F_{A, R} &= \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} \\ F_{B, R} &= \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} \end{aligned} \right\} \text{Rad. Komponente}$$

$$\left. \begin{aligned} F_{Aa} &= F_{Ax} \\ F_{Ba} &= F_{Bx} \end{aligned} \right\} \text{Axiale Komponente}$$

2) Festigkeitsnachweis:

1. Wirrende Spannungen

$$\sigma_m = \frac{\sigma_o + \sigma_u}{2} \quad \sigma_a = \frac{\sigma_o - \sigma_u}{2}$$

2. Kerbwirkung beachten

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\max} &= \sigma_o \cdot \alpha_K & \tau_{\max} &= \tau_o \cdot \alpha_K \\ \sigma_{m\max} &= \sigma_m \cdot \alpha_K & \tau_{m\max} &= \tau_m \cdot \alpha_K \end{aligned} \right\} \text{ statisch}$$

$$\sigma_{m\max} = \sigma_a \cdot \beta_H : \quad \tau_{m\max} = \tau_a \cdot \beta_H \quad \left. \vphantom{\sigma_{m\max}} \right\} \text{ dynamisch}$$

$$\frac{P}{d} = \frac{m}{2(t-2m)}$$

t = Kerbtiefe
 m = Kerbnutbreite

$$\frac{D}{d} = \frac{D}{t-2p}$$

$\Rightarrow$ dann ablesen

12. Welle - Nabe - Verbindungen

Um Rotationsbewegungen von Welle auf anderes Bauteil zu übertragen, ist die Welle-Nabe-Verbindung nötig!

Flächenschlüssig

- Kräfte werden durch Flächenpressung übertragen
- Unmittelbar : Welle hat bereits eine ^{geeignete} Form z.B. Keilwelle, Polygonwellen
 - mittelbar : ein zusätzliches Element wird angebracht → Passfeder

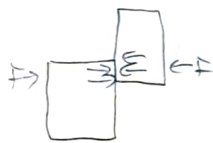
Reibschlüssig

Verbindung einer Welle und Nabe erfolgt durch Reibung z.B. Klemmverbindung
→ zyklischer Pressverband

Stoffschlüssig

- Kraft wird durch einen Stoffschluss wie Kleben, Löt- oder Schweißverbindungen übertragen. (Keilspalt über ges. Umfang und gleichmäßiger Auftrag)

Flächenpressung



Passfeder kann keine axiale Kraft aufnehmen



→ etwas Spiel
→ auswechselbar

Passfeder

Häufigste Welle-Nabe-Verbindung!

Vorteile

- leicht montierbar
- gut testbar
- spannungsfrei im montierten Zustand

Nachteile

- dynamische Belastbarkeit
- können nur Drehmomente aufnehmen

Vorteile

- leicht montierbar
- einfache Herstellung

Nachteile

- nicht bei stoßartigen Drehmomenten
- hohe Verbundkraft
- Bestenfalls Belastbarkeit

Geschraubt setzen der Verbindung!

Kraftübertragung in Abhängigkeit d. Nabenaußenführung



Drehmoment von gesamter Passfeder kann übertragen werden!

Aufgrund Reibwirkungen Abstand a groß wählen
Maximal 2 Passfedern einsetzen aber nicht symmetrisch



Überträgt Drehmoment besser!

Umfangskraft : $F_u = \frac{2 \cdot M_t}{d}$

mittlere Flächenpressung $P = \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot (h-t) \cdot l_w \cdot i \cdot \psi}$

d = Durchmesser Welle

h = Höhe Passfeder

t = Passfederhöhe in Welle

l_w = Länge Passfeder bis zur Endung

i = Passfederanzahl

ψ = wenn $i = 1$ $\psi = 1$

$i = 2$ $\psi = 0,75$ (15)

Alternative: Scheibenfeder-Verbindung
günstig, aber Nachteil:
tragender Querschnitt nicht vermehrt