

# Konstruktion

Prof. Dr.-Ing. Martin Bothen

SS 2021



TH Aschaffenburg  
university of applied sciences

# Phase III: Entwerfen

**VDI-Richtlinie 2221** - „*Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*“

- **Phase III: Entwerfen**
  - Grundsätzliches Vorgehen
  - Grundregeln zur Gestaltung: eindeutig, einfach, sicher
  - Gestaltungsprinzipien
  - Gestaltungsrichtlinien
  - Qualitätssicherung beim Entwerfen

# Definition Entwerfen

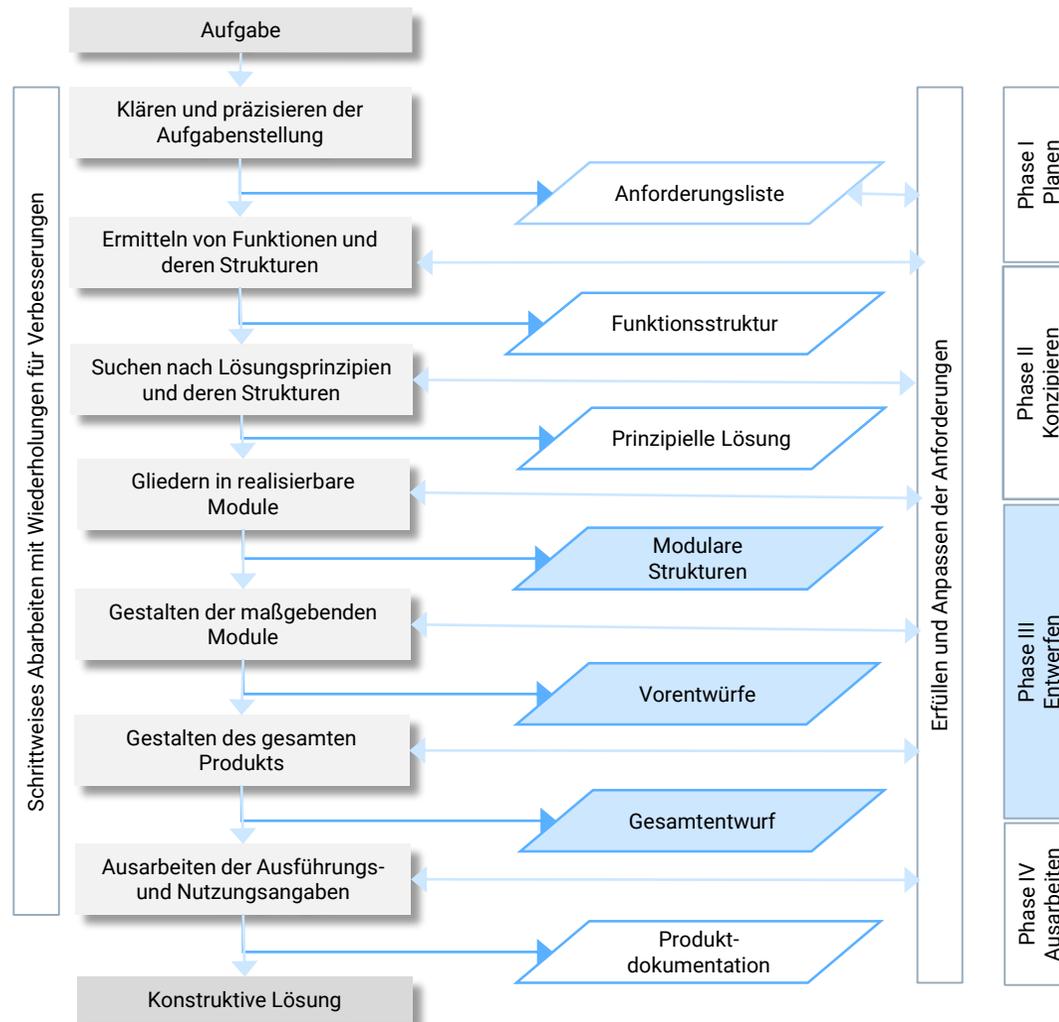
---

**Entwerfen** ist der Teil des Konstruierens, der für ein technisches Gebilde von der Wirkstruktur ausgehend, die Baustruktur nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten **eindeutig und vollständig** erarbeitet.

## **Grundsätzliches Vorgehen beim Entwerfen (Gestalten):**

- vom Qualitativen zum Quantitativen
- vom Abstrakten zum Konkreten
- von der Grobgestaltung zur Feingestaltung

# Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221



# Einflussfaktoren auf die Produktentwicklung



# Grundregeln zur Gestaltung

## **Eindeutig:** Erfüllung der technischen Funktion

- ❖ Wirkung und Verhalten klar und gut erkennbar voraussagen können
  - klare Zuordnung der Teilfunktionen
  - geordnete Führung des Energie, Stoff und Signalflusses
  - eindeutig berechenbare Konstruktion
  - definierte Dehnungsrichtungen

# Mittlere Längenausdehnungszahl für verschiedene Werkstoffe

$$\Delta l = \beta \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

$$l_0 = 1000 \text{ mm}$$

$$\Delta T = 80 \text{ K}$$

$$\beta_{(\text{Invar})} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\Delta l_{(\text{Invar})} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\beta_{(\text{Stahl})} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

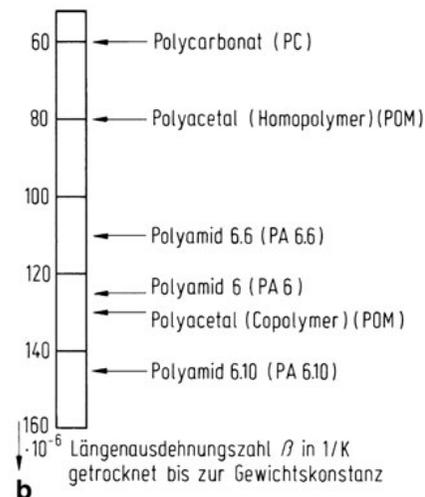
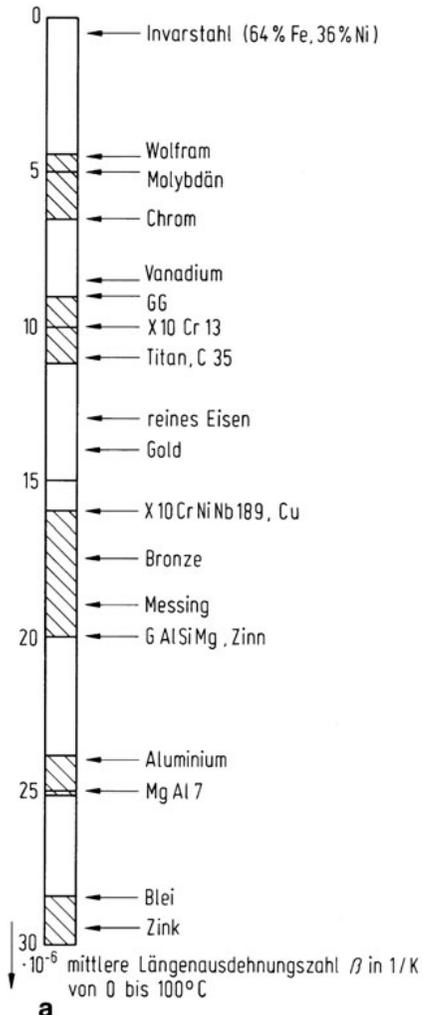
$$\Delta l_{(\text{Stahl})} = 1 \text{ mm}$$

$$\beta_{(\text{Alu})} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

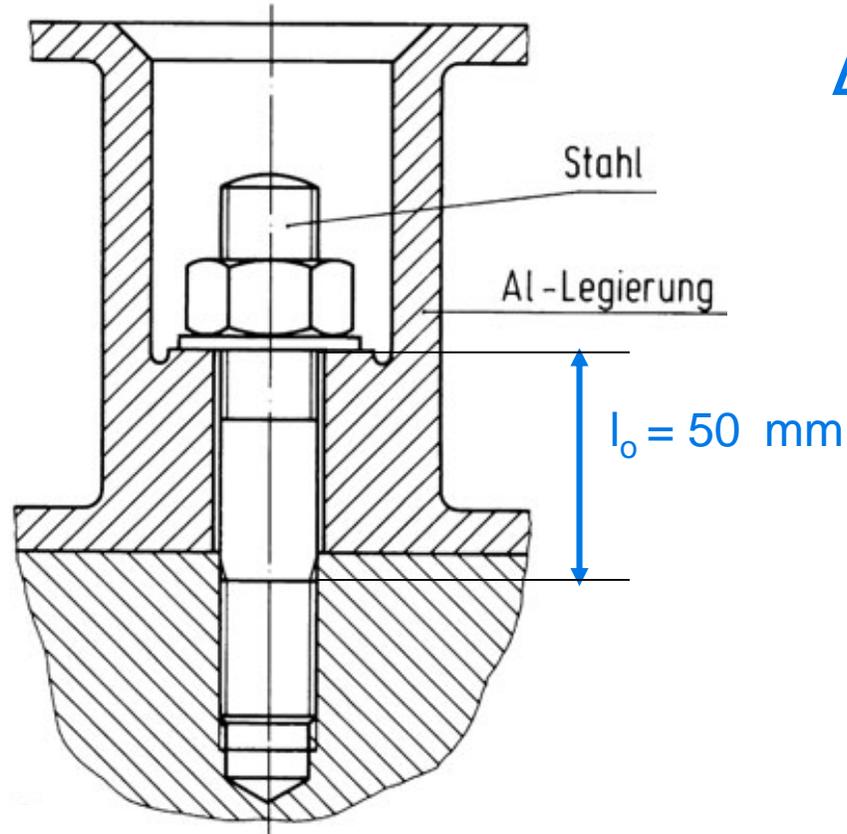
$$\Delta l_{(\text{Alu})} = 2 \text{ mm}$$

$$\beta_{(\text{PA } 6)} = 125 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\Delta l_{(\text{PA } 6)} = 10 \text{ mm}$$



# Verbindung mittels Stahlschraube und Aluminiumflansch



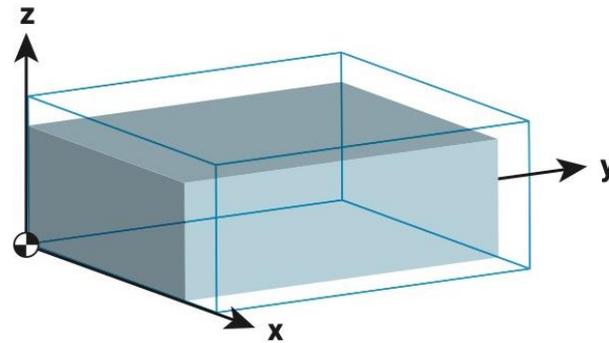
$$\Delta l = \beta \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 80 \text{ K}$$

$$\Delta l_{(\text{Stahl})} = 0,05 \text{ mm}$$

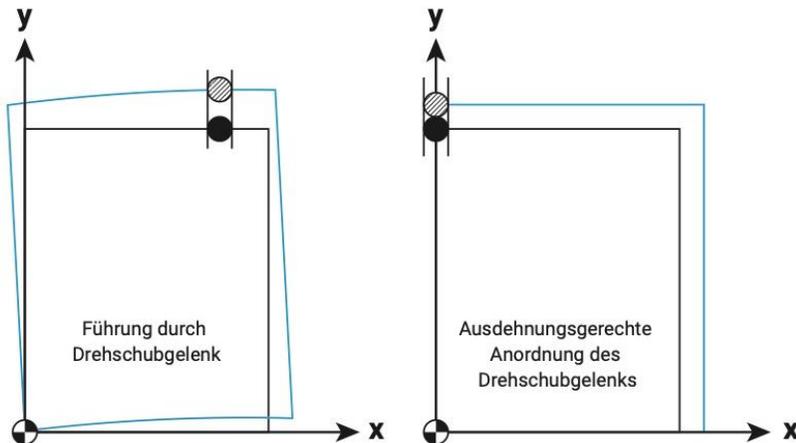
$$\Delta l_{(\text{Alu})} = 0,1 \text{ mm}$$

# Wärmeausdehnung eines fest eingespannten Werkstücks

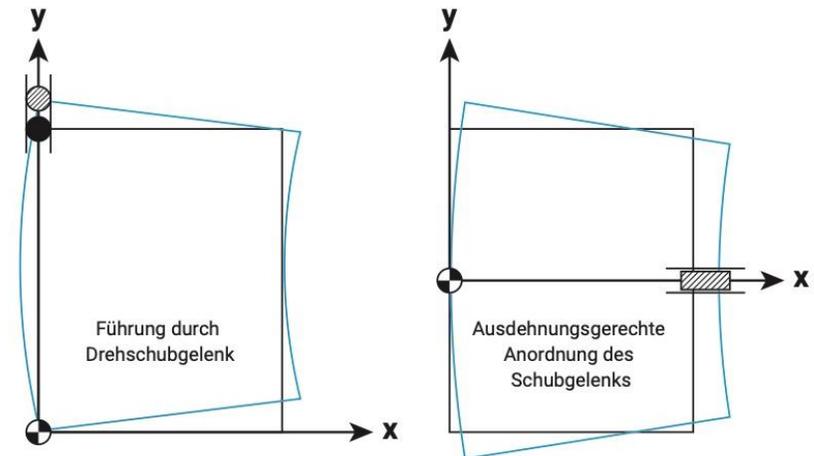


Einspannung im Drehgelenk um z-Achse (1 Freiheitsgrad)

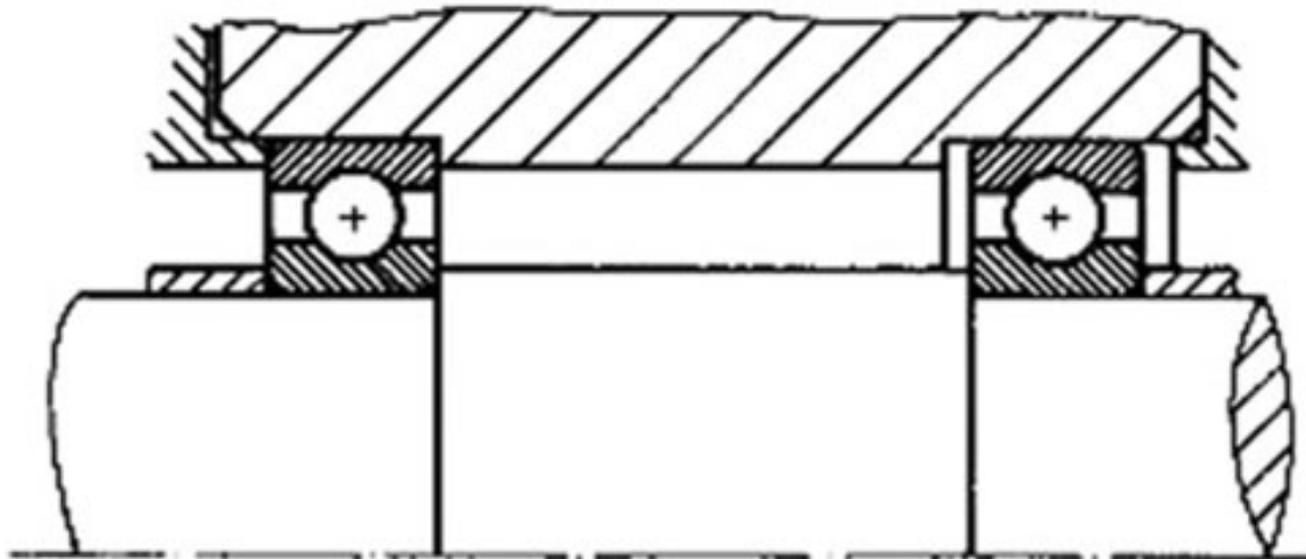
**Ausdehnung eines Körpers bei lokal gleicher Temperaturverteilung (0 Freiheitsgrade)**



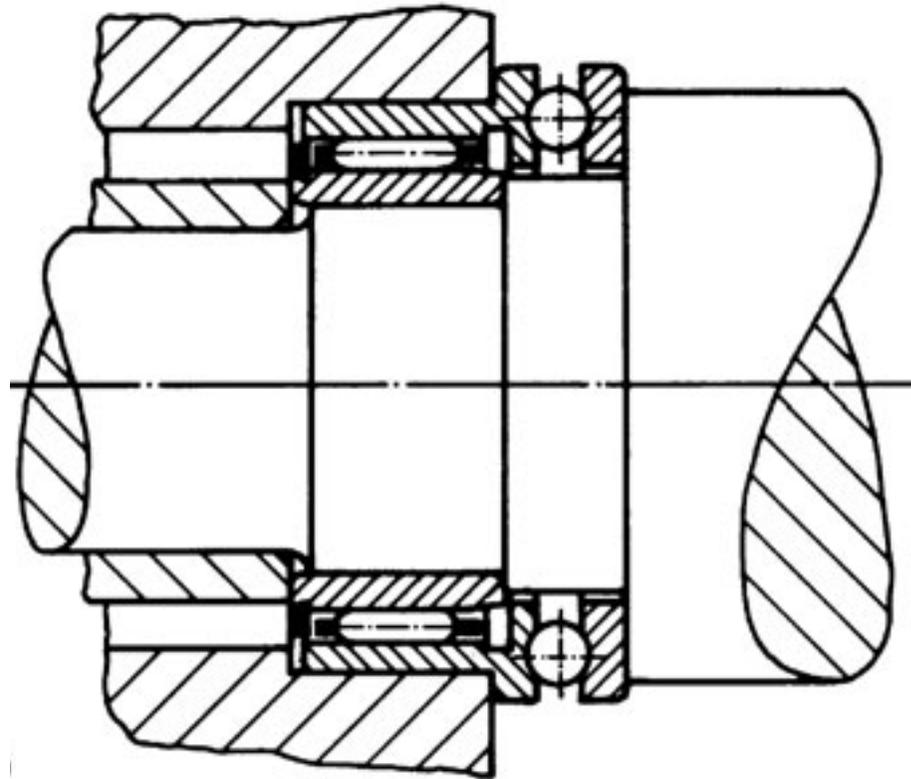
**Ausdehnung eines Körpers bei lokal veränderlicher Temperaturverteilung (0 Freiheitsgrade)**



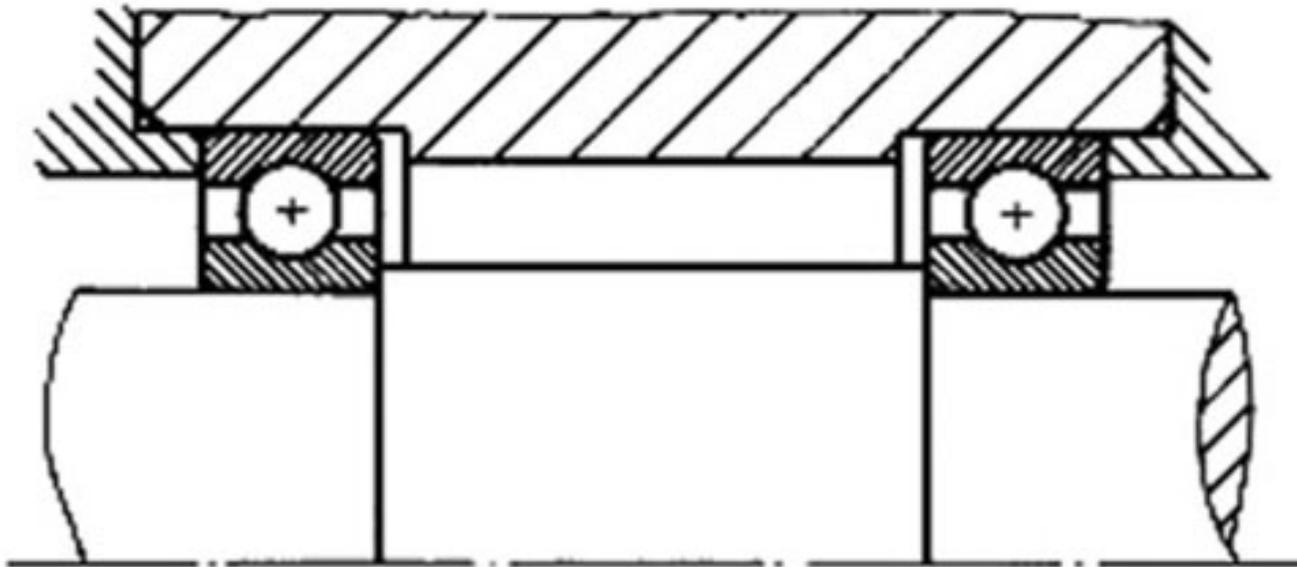
# Lageranordnungen: Fest- und Loslager



# Kombiniertes Wälzlager

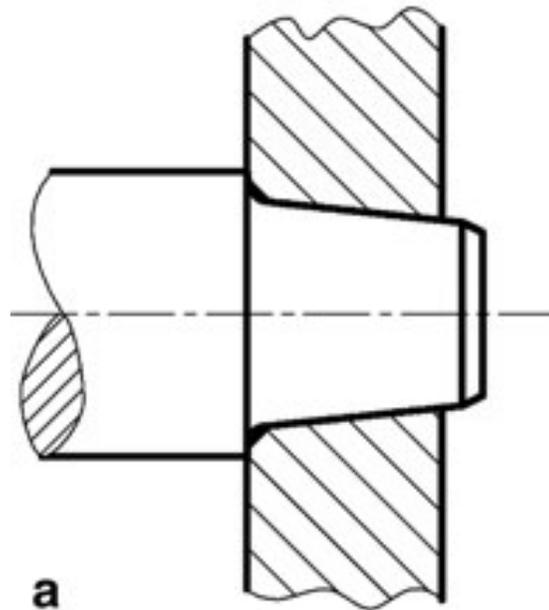


# Lageranordnungen: X-Lagerung

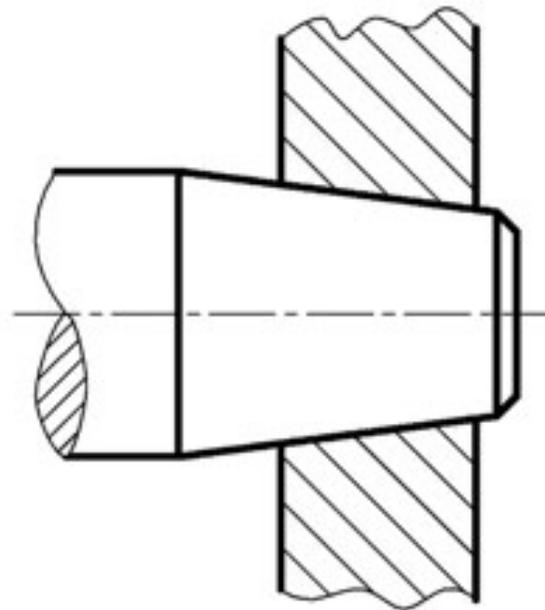


# Vermeiden von Doppelpassungen

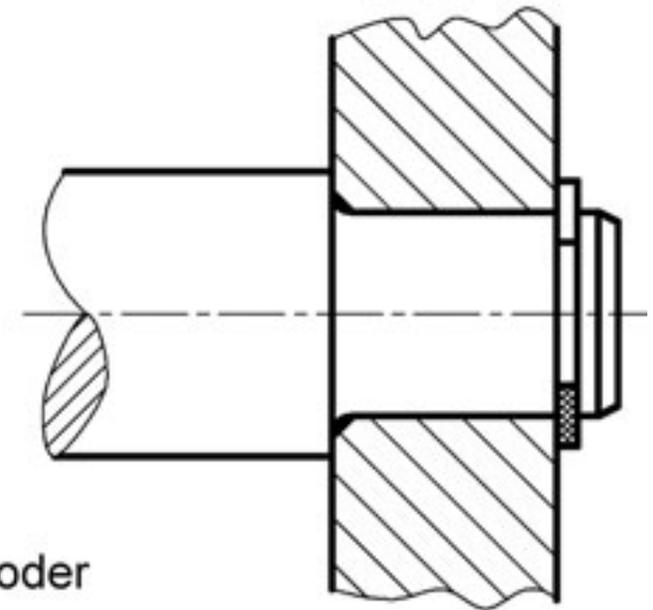
Doppelpassung



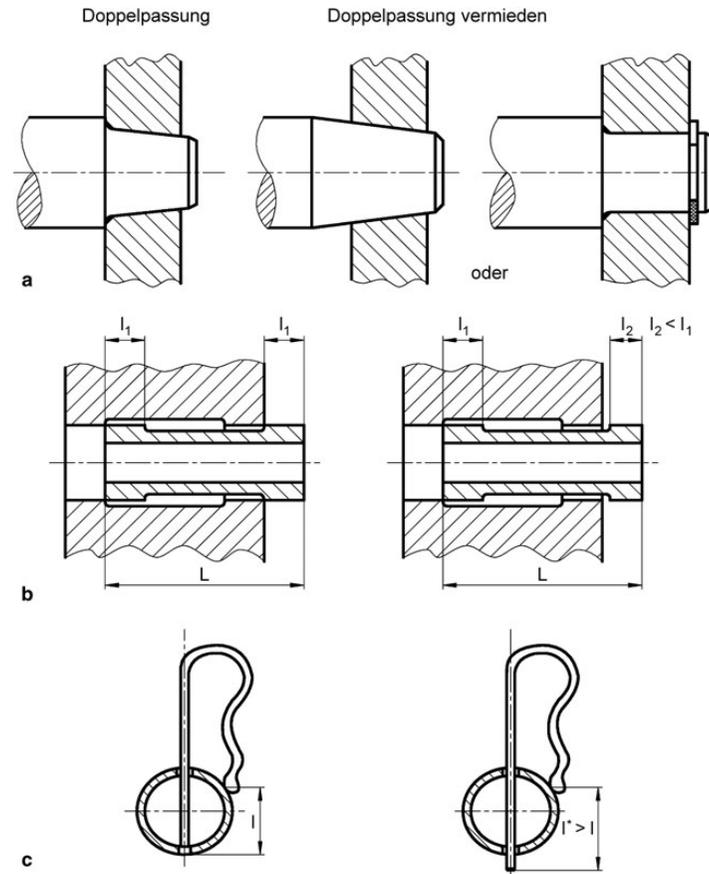
Doppelpassung vermieden



oder



# Vermeiden von Doppelpassungen



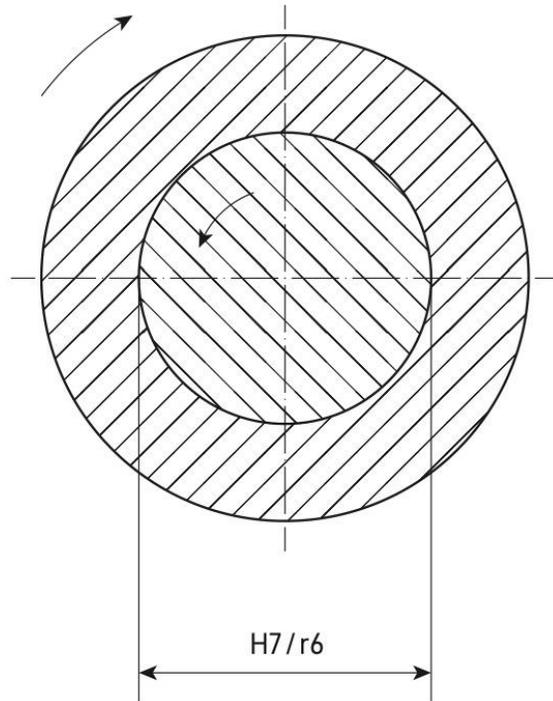
# Grundregeln zur Gestaltung

## **Einfach:** wirtschaftliche Realisierung

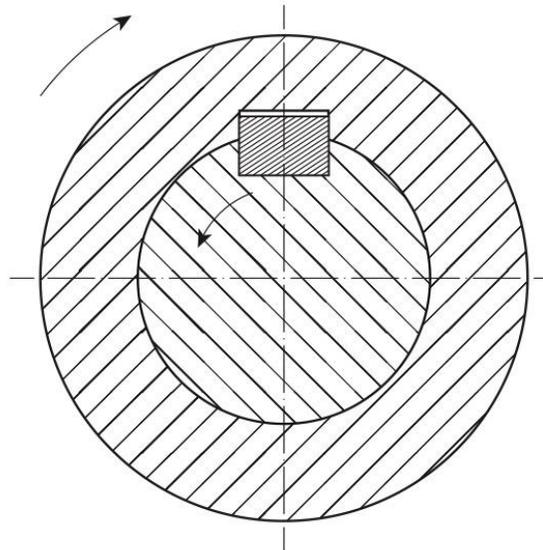
- ❖ Gestaltung durch wenig zusammengesetzte, übersichtlich gestaltete Formen anstreben und den Fertigungsaufwand klein halten
  - Einfache geometrische Formen für mathematische Ansätze
  - Wirkprinzipien mit wenig Aufwand auswählen
  - Symmetrische Formen anstreben

# Kombinierte, nicht eindeutige Welle-Nabe-Verbindung

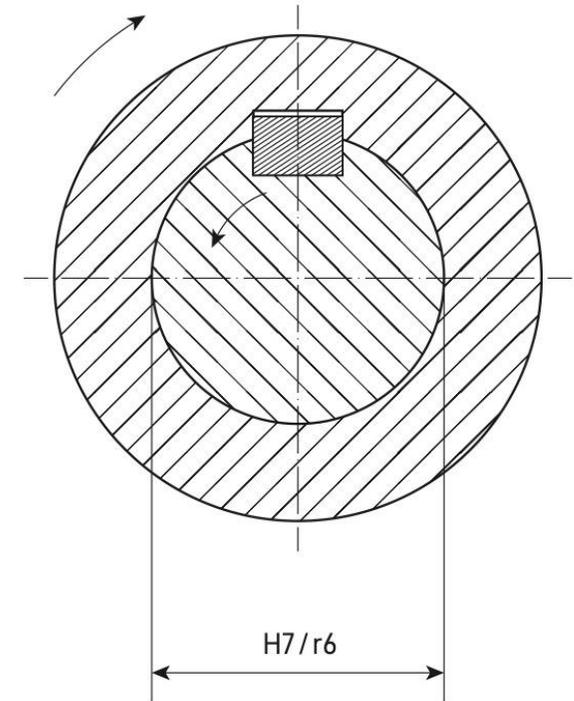
Presspassung



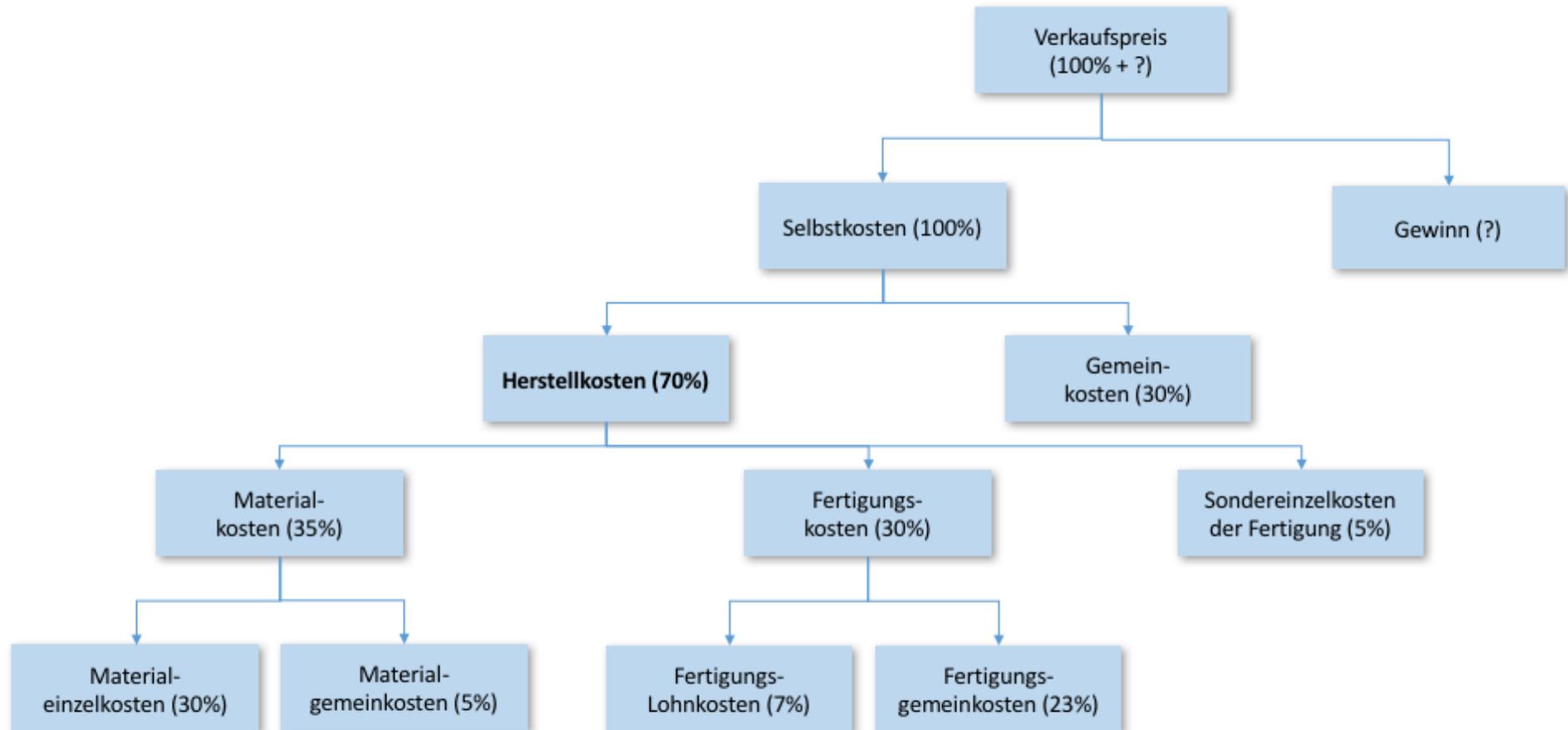
Passfeder



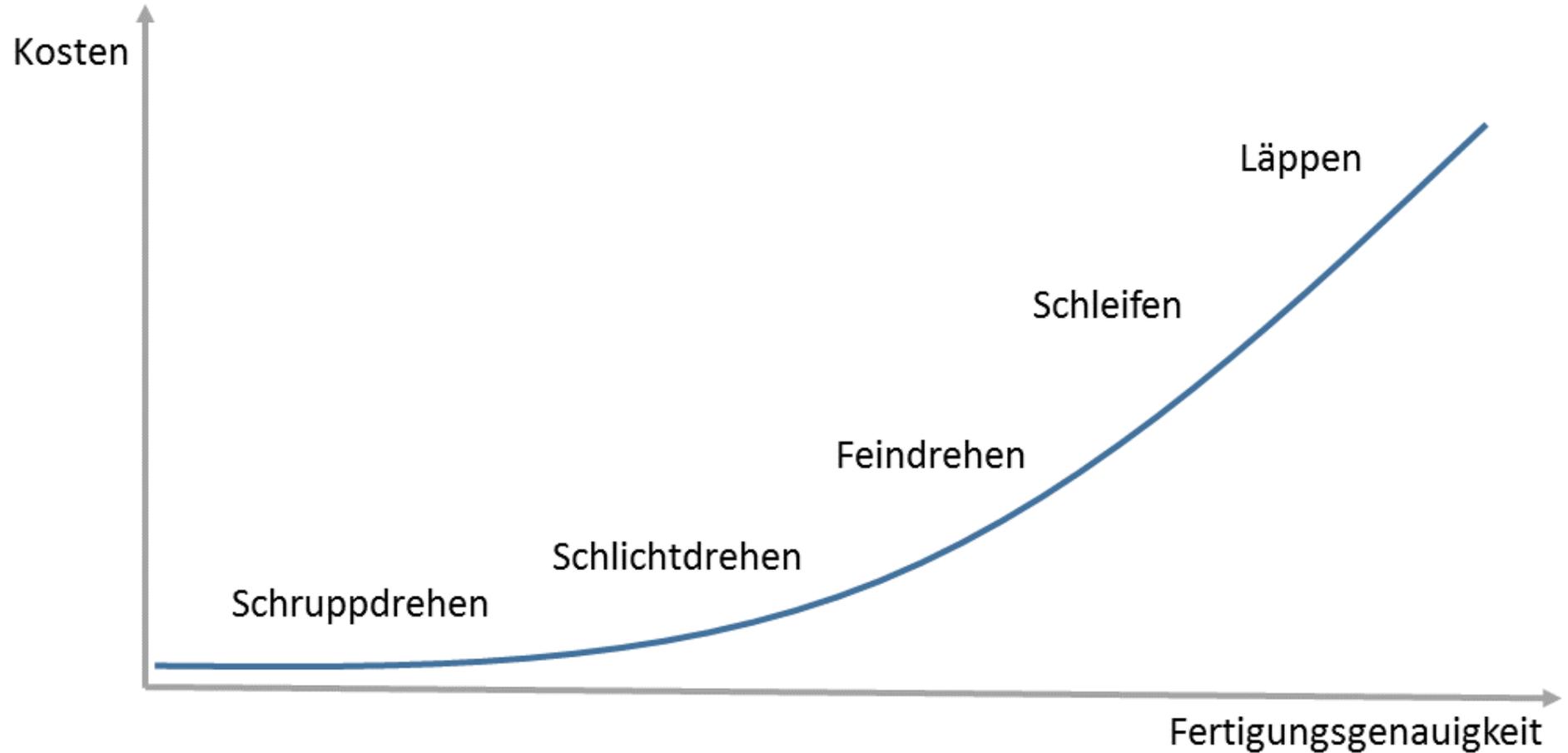
Presspassung + Passfeder



# Kostengliederung für ein Erzeugnis



# Kostenfaktor Fertigungsgenauigkeit

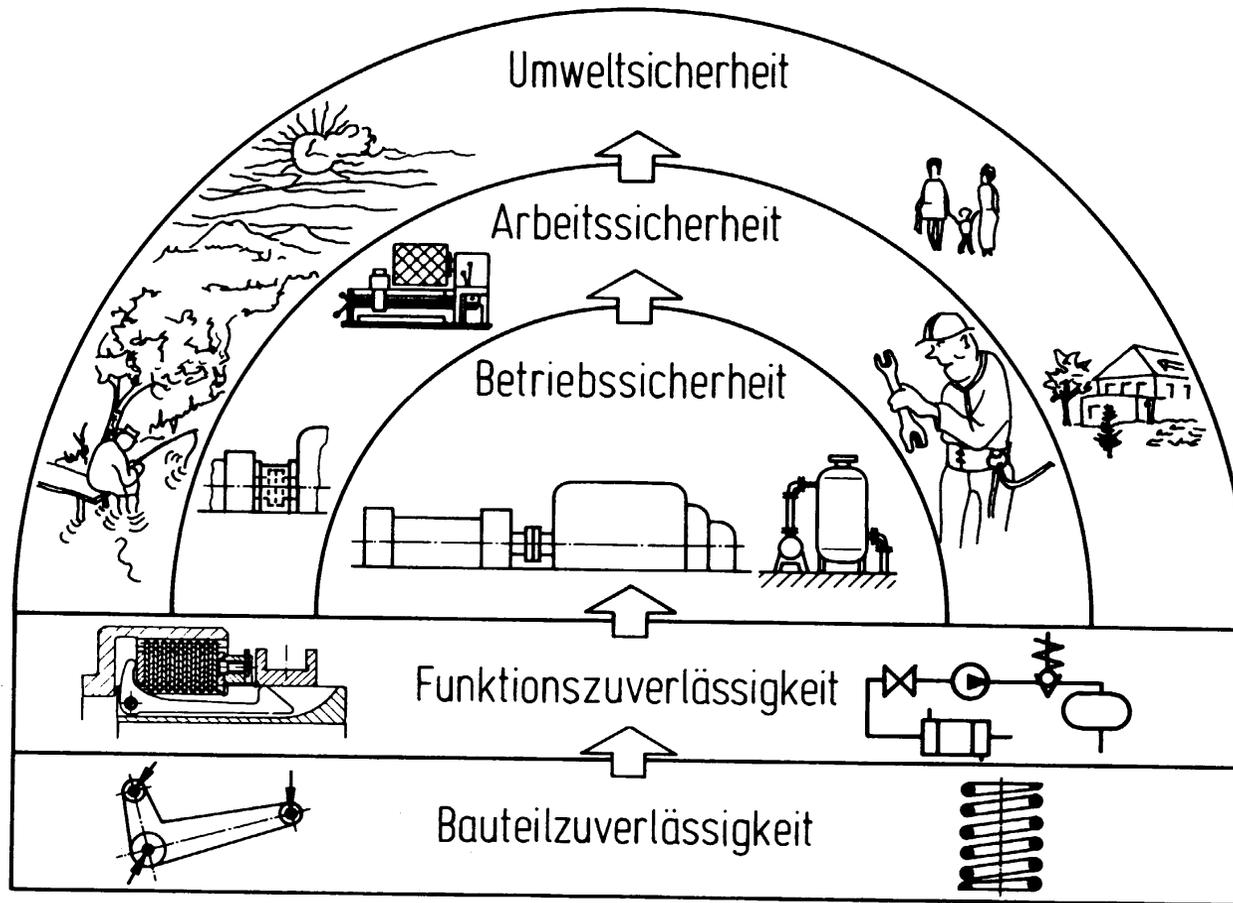


# Grundregeln zur Gestaltung

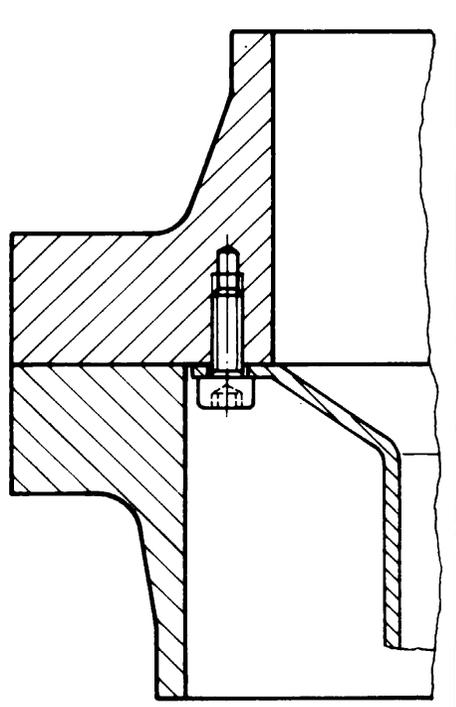
## **Sicher:** Sicherheit für Mensch und Umgebung

- ❖ Haltbarkeit, Zuverlässigkeit, Unfallfreiheit und Umweltschutz beim Gestaltungsvorgang gemeinsam erfassen
  - Drei-Stufen-Methode
    1. Prinzip der unmittelbaren Sicherheitstechnik
    2. Prinzip der mittelbaren Sicherheitstechnik
    3. Prinzip der hinweisenden Sicherheitstechnik

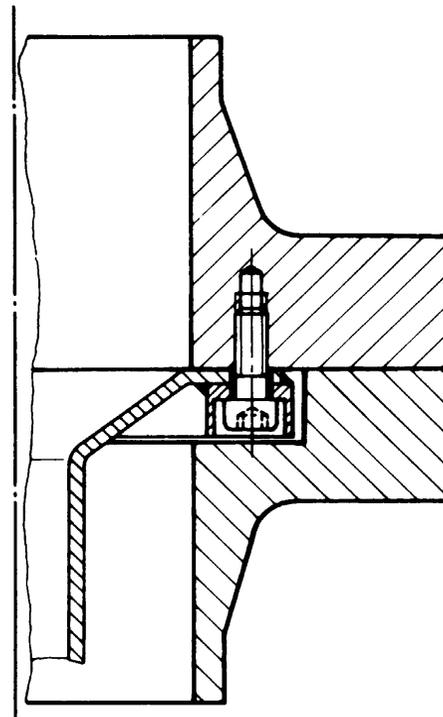
# Zusammenhänge zwischen Bauteil- und Funktionszuverlässigkeit und Sicherheiten



# Befestigung von Einbauten



schlecht



sicherer

# Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik

**Unmittelbare Sicherheitstechnik: von der techn. Lösung geht keine Gefährdung aus**

## **Prinzip des sicheren Bestehens (safe-life)**

Alle Bauteile sind so beschaffen, dass während der vorgesehenen Einsatzzeit alle Vorkommnisse ohne ein Versagen oder eine Störung überstanden werden können

## **Prinzip des beschränkten Versagens (fail-safe)**

Bauteil lässt Funktionsstörung zu, ohne dass es zu schwerwiegenden Folgen kommt. Fehler des Versagens muss eindeutig erkennbar sein.

## **Prinzip der redundanten Anordnung**

Mehrfachanordnung von Funktionselementen führt zur Steigerung der Sicherheit

- **Aktive Redundanz:** alle Komponenten beteiligen sich aktiv an der Aufgabe
- **Passive Redundanz:** Komponenten in Reserve, z.B. Notstromaggregat

# Prinzipien der mittelbaren Sicherheitstechnik

## Mittelbare Sicherheitstechnik: den Zugang zum Gefahrenbereich verhindern

### Sicherheit durch Einrichtungen, die eine Schutzfunktion haben

- ✓ **Schutzsysteme** - lösen bei Gefährdung aus
  - Schutzreaktion aufgrund von Temperaturüberschreitung
- ✓ **Schutzorgane** - Schutzfunktion wird ohne Signalumsatz ausgelöst
  - Überdruckventil, Sicherheits-Rutschkupplung, Sicherheitsgurt
- ✓ **Schutzeinrichtungen** - Schutzfunktion ohne Schutzreaktion
  - Verkleidungen , Umwehrungen

### Grundforderungen

- zuverlässig wirkend
- zwangsläufig wirksam
- nicht umgehbar

# Prinzipien der hinweisenden Sicherheitstechnik

---

## **Hinweisende Sicherheitstechnik: auf den Gefahrenbereich wird hingewiesen**

- **Warnung vor Gefahren**
- **Hinweise auf Gefahren**

# Maschinenrichtlinie: Richtlinie 2006/42/EG

## Sicherheit für Mensch und Umgebung

### Maßnahmen zur Erzielung einer sicheren und gefahrlosen Maschine

- Gefahren so weit wie möglich minimieren
- Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren vorsehen
- Benutzer und Beteiligte über Restgefahren unterrichten