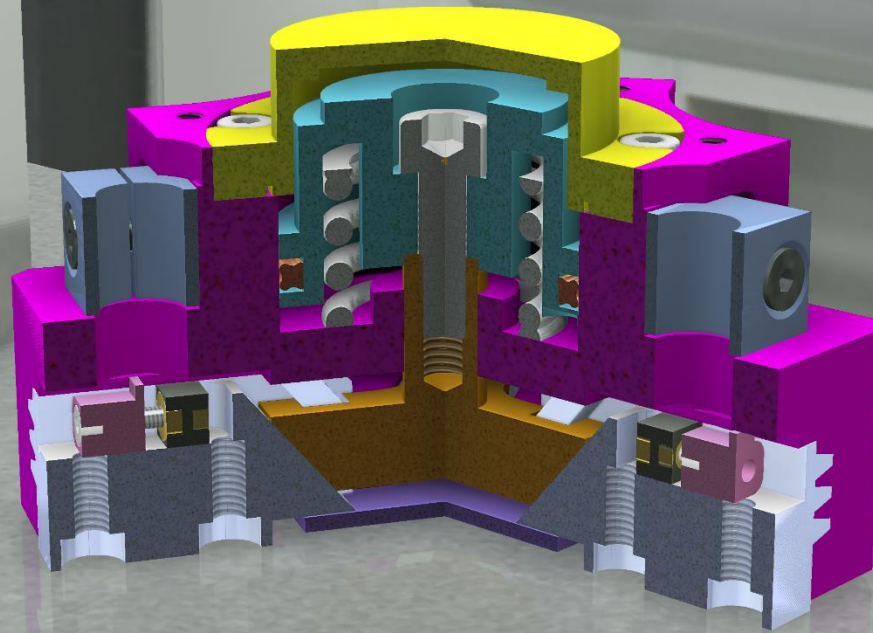


Konstruieren mit CAD



4. Regeln und Prinzipien

Konstruieren mit CAD



4.1 Regeln

Eindeutig

Funktion

- Klare Zuordnung der Teilfunktionen mit jeweiligen Ein- und Ausgangsgrößen

Wirkprinzip

- Beschreibbare Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung
- Geordnete Führung des Energie-, Kraft-, Stoff- oder Signalfusses
- Definierte Dehnungsrichtungen

Auslegung

- Eindeutiger Lastzustand nach Größe, Art und Häufigkeit

Überbestimmungen vermeiden

Beispiel: Lagerung einer Welle



Überbestimmung



Lange Toleranzkette
(Wärmedehnung!)



Fest-Los-Lager



Welle kann die Lager ausrichten

Ziel ist die Entfeinerung → Vermeidung enger Toleranzen oder Zwangskräfte

Einfach

Funktion

- Geringe Anzahl von Teilfunktionen

Wirkprinzip

- Durchschaubare Gesetzmäßigkeiten

Auslegung

- Formen wählen, die sich leicht berechnen lassen

Fertigung

- Formen wählen, die sich leicht fertigen lassen

Ergonomie

- Übersichtliche, sinnvolle und leicht verständliche
Bedienung

Sicher

Funktion

- Auswirkung des Versagens einzelner Bauteile gering halten (Sollbruchstellen)

Herstellung

- Problematische Werkstoffe wenn möglich vermeiden

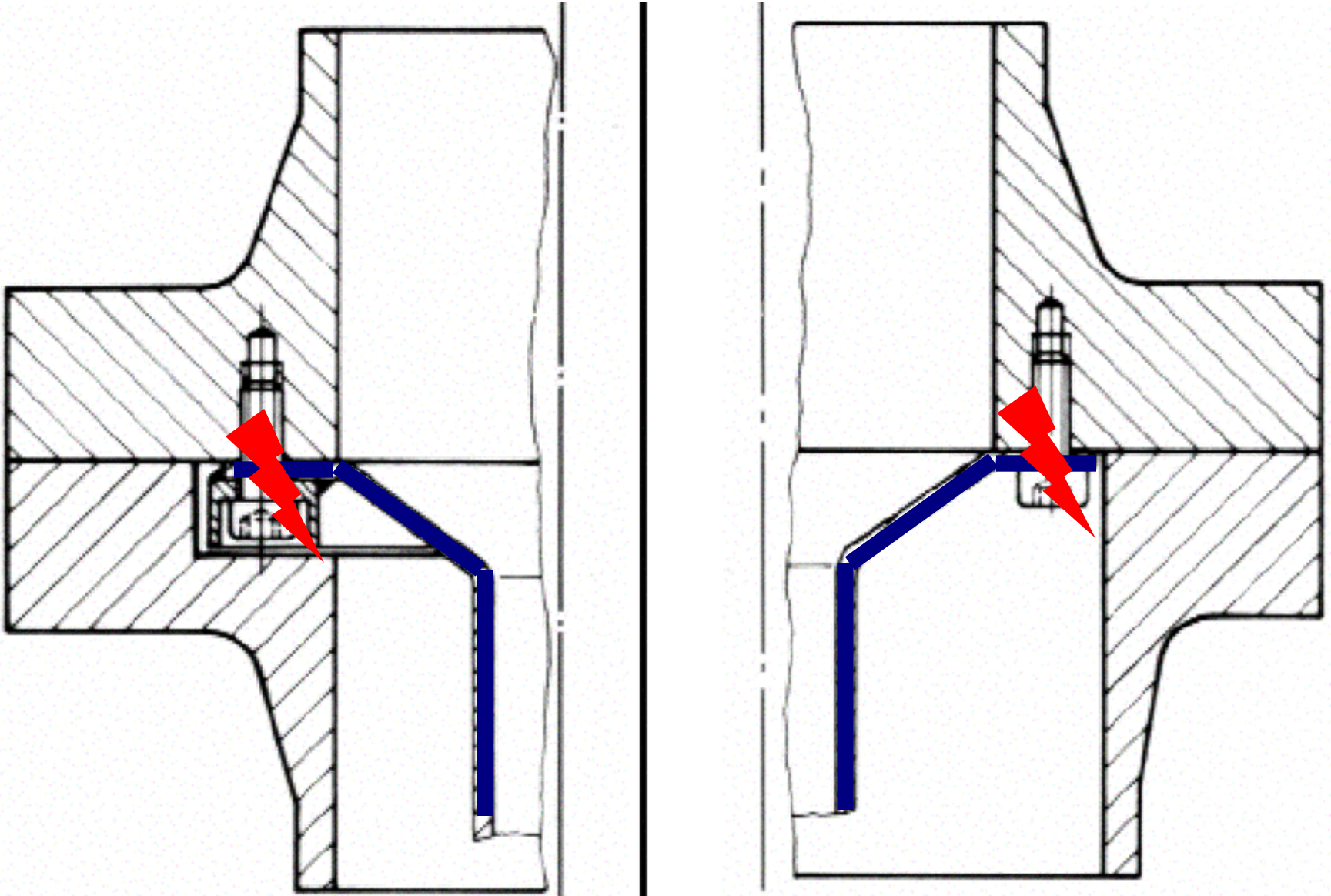
Bedienung

- Bedienkonzept muss Schäden durch Bedienfehler ausschließen

Betrieb

- Personenschutz
- Ausfall einzelner Bauteile darf nicht zu größeren Folgeschäden führen (Fail-Safe-Prinzip)

Fail-Safe



Konstruieren mit CAD



4.2 Prinzipien

Kraftfluss

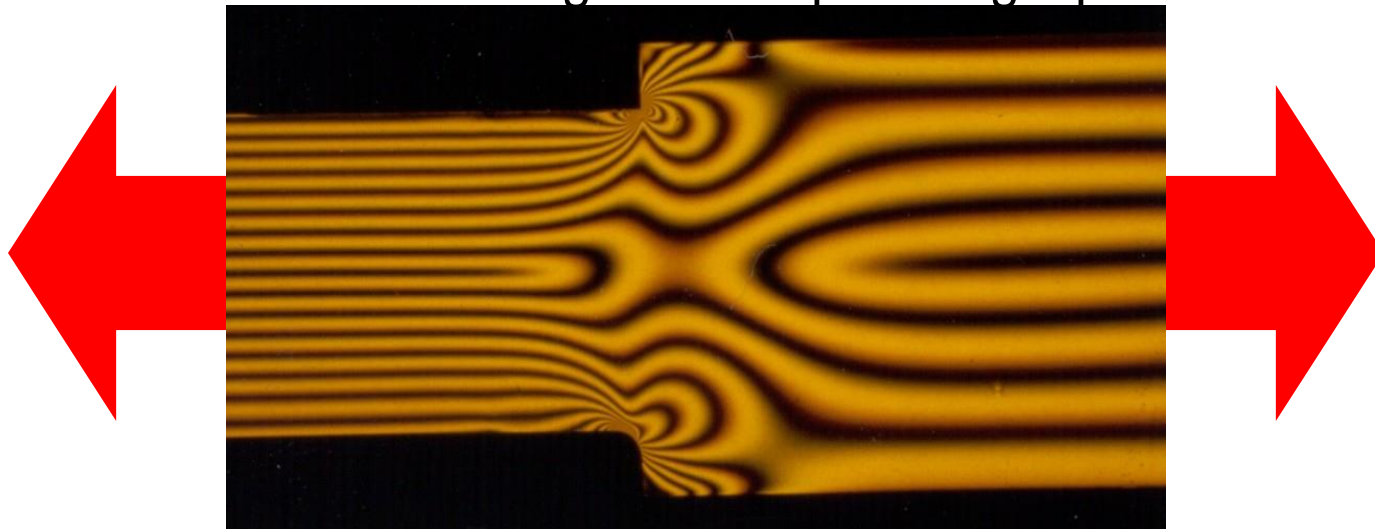
Gedankenmodell zur Verdeutlichung der Kräfte und Momente in einem System

(vergl. Feldlinien in einem magnetischen Kreis)

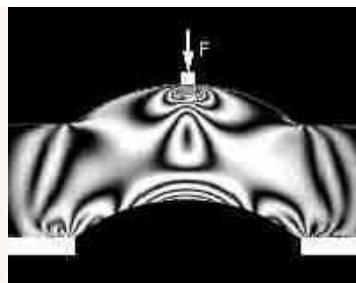
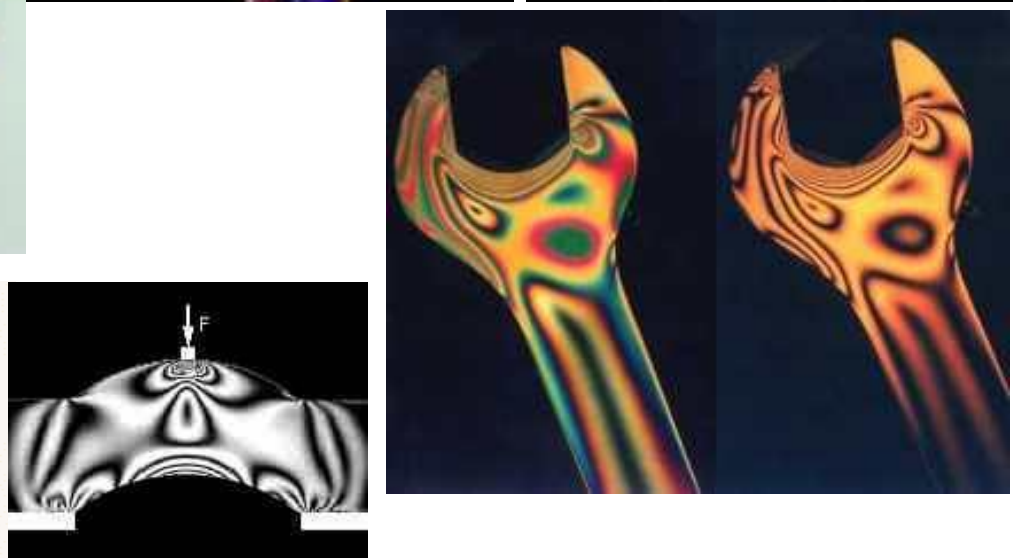
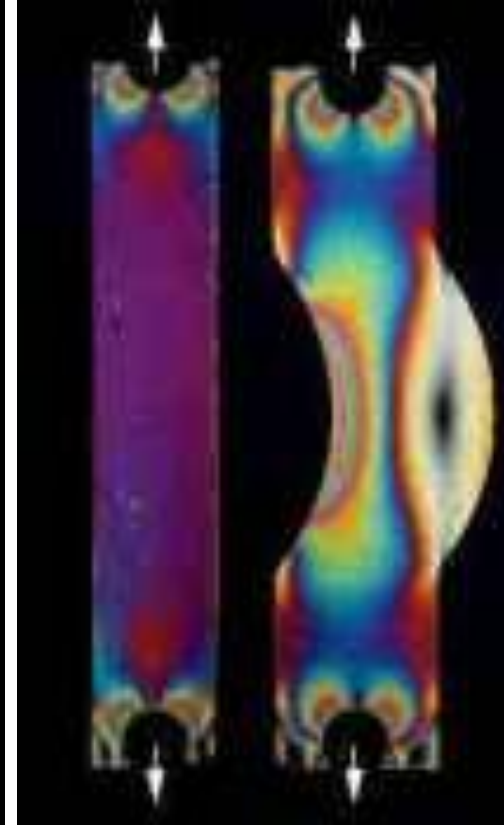
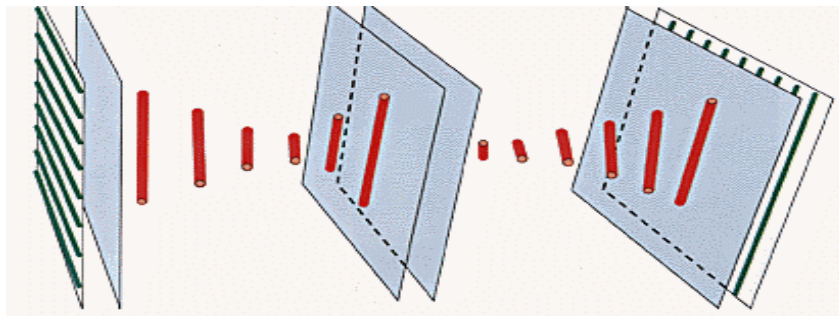
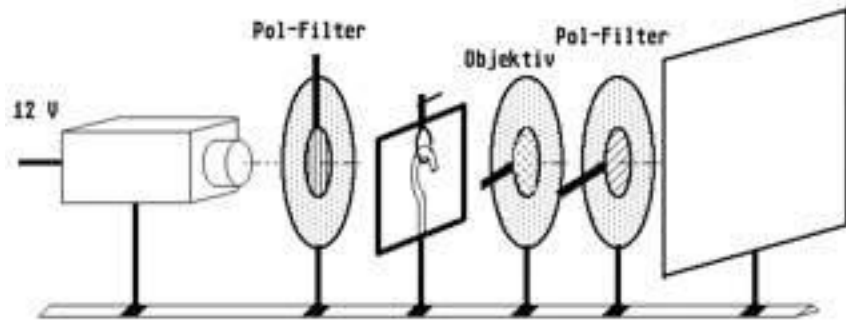
Großer Querschnitt → Kraftlinien aufgeweitet → geringe Spannung

Kleiner Querschnitt → Kraftlinien verdichtet → hohe Spannung

Verdeutlichung mittels Spannungsoptik



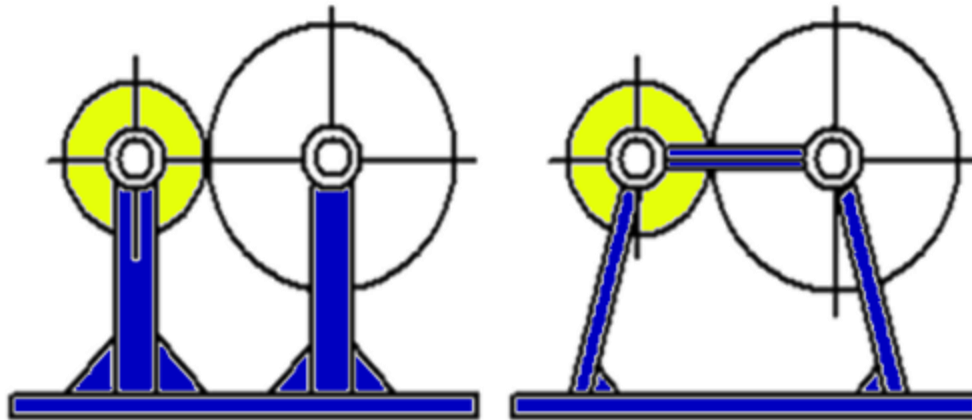
Spannungsoptik



Führung des Kraftflusses

Indirekte weiträumige Wege
→ Elastischer Verbund.

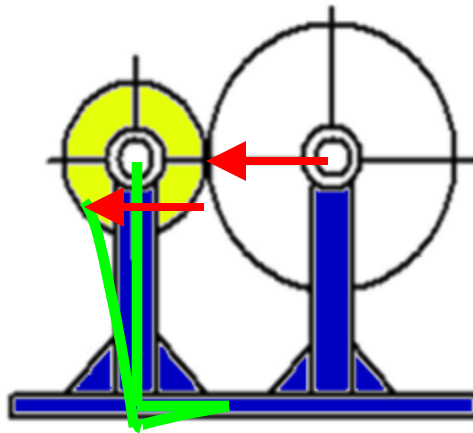
Direkte kurze Wege →
Steifer Verbund



"In Verformungen Denken"

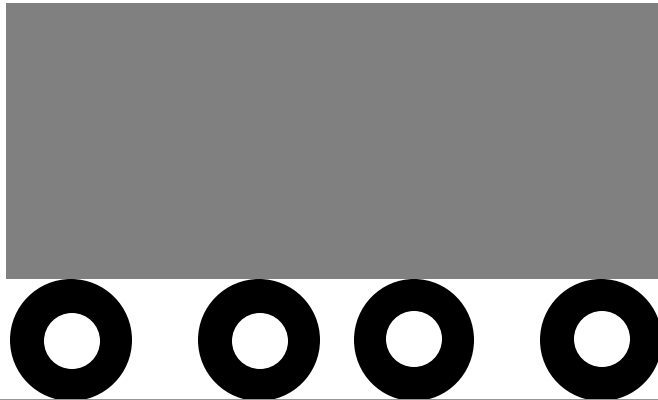
Jeder Werkstoff ist elastisch

- ➔ jedes Bauteil verformt sich entsprechend der auftretenden Belastungen

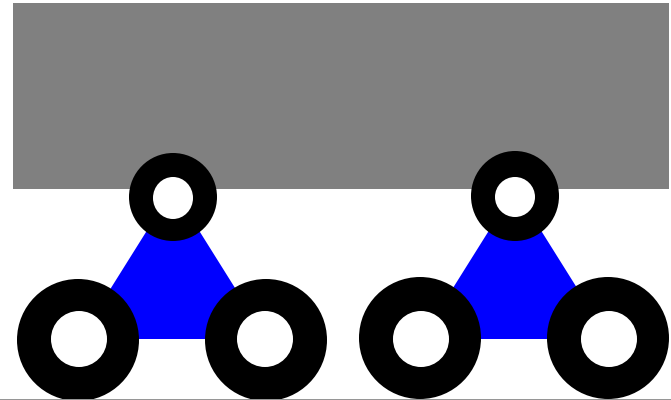


Lastausgleich

Statisch Unbestimmt

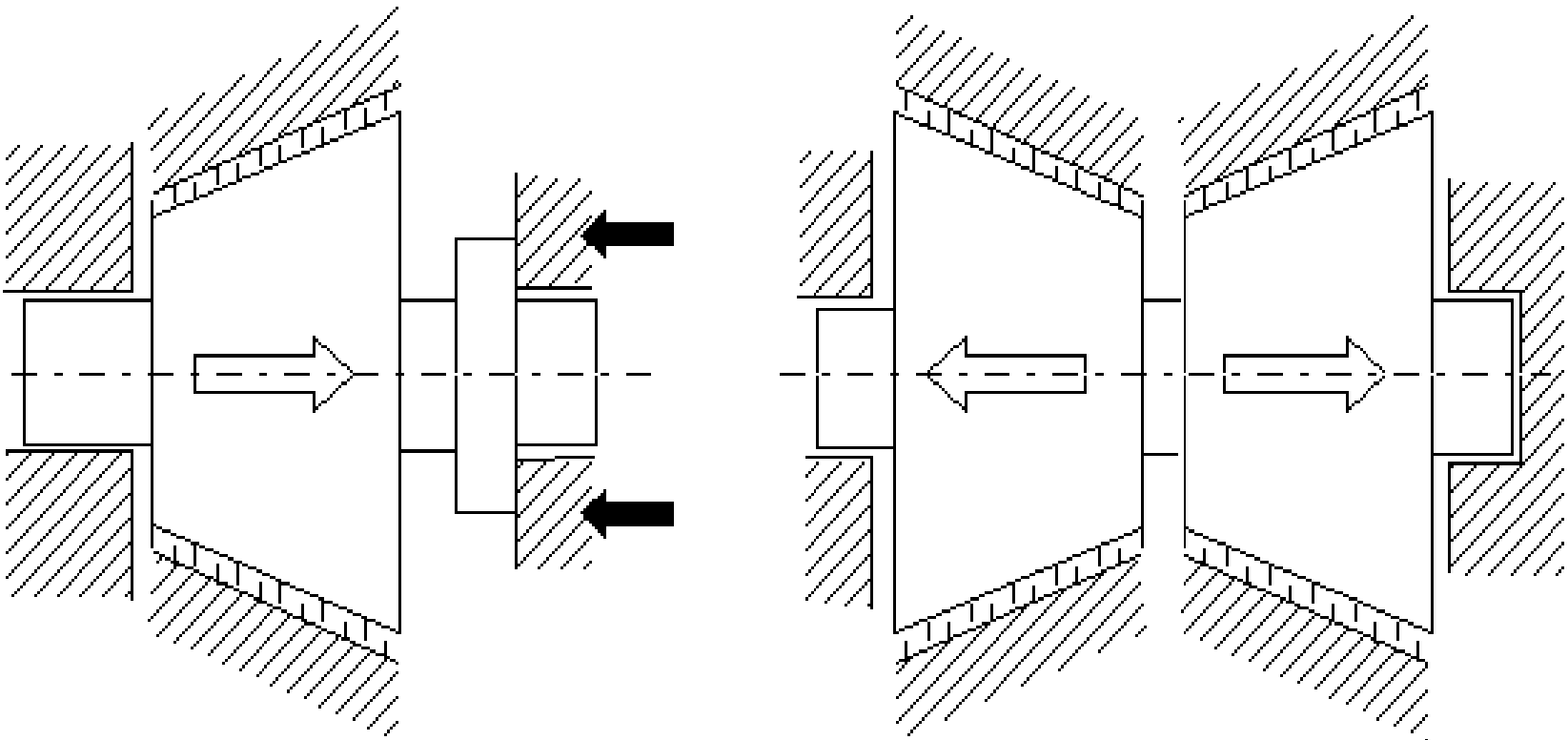


Statisch Bestimmt



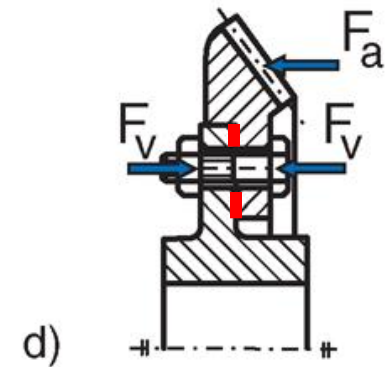
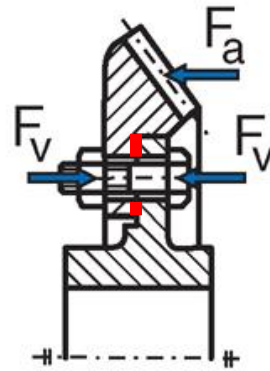
Lastausgleich

Beispiel: Strömungsmaschine

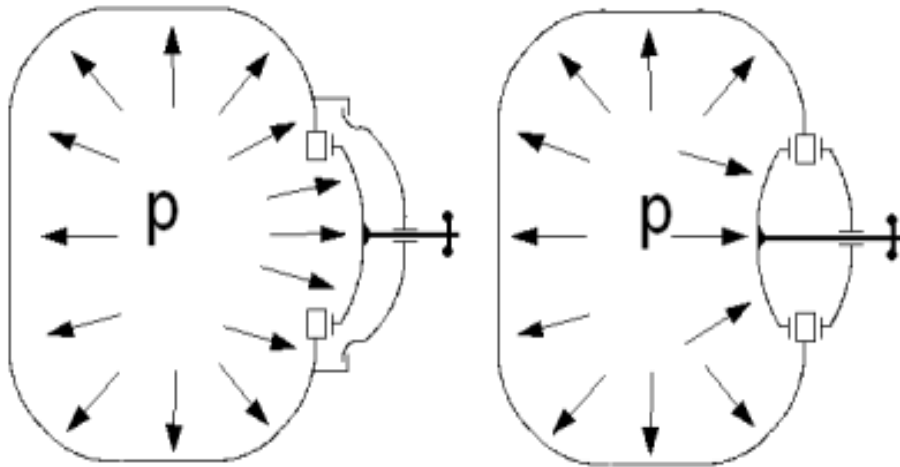


Selbsthilfe

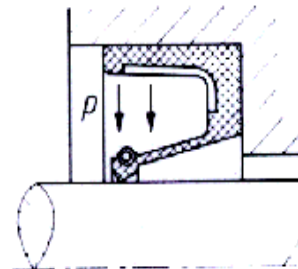
Verschraubung
(gleitfest vorgespannt)



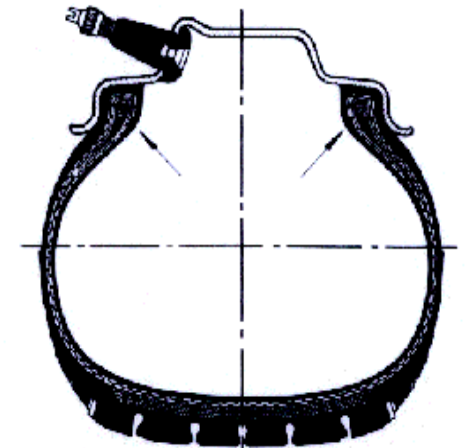
Verschluss eines
Druckbehälters



Radial-
wellendichtring



Abdichtung
Reifen \leftrightarrow Felge



Konstruieren mit CAD



4.3 „Gerechtes“ Konstruieren

„Gerechtes Konstruieren“

Funktionsgerecht

Designgerecht	Ansprechende Erscheinung, Corporate Identity
Belastungsgerecht	Optimale Kraftleitung
Verschleißgerecht	Verschleiß nur an bestimmten Bauteilen
Wartungsgerecht	Leichte Austauschbarkeit von Verschleißteilen
Recyclinggerecht	Leichte Demontierbarkeit, geeignete Werkstoffwahl
Entsorgungsgerecht	Geeignete Werkstoffwahl
Sicherheitsgerecht	Funktionssicherheit
	Keine Gefährdung von Personen in der Umgebung

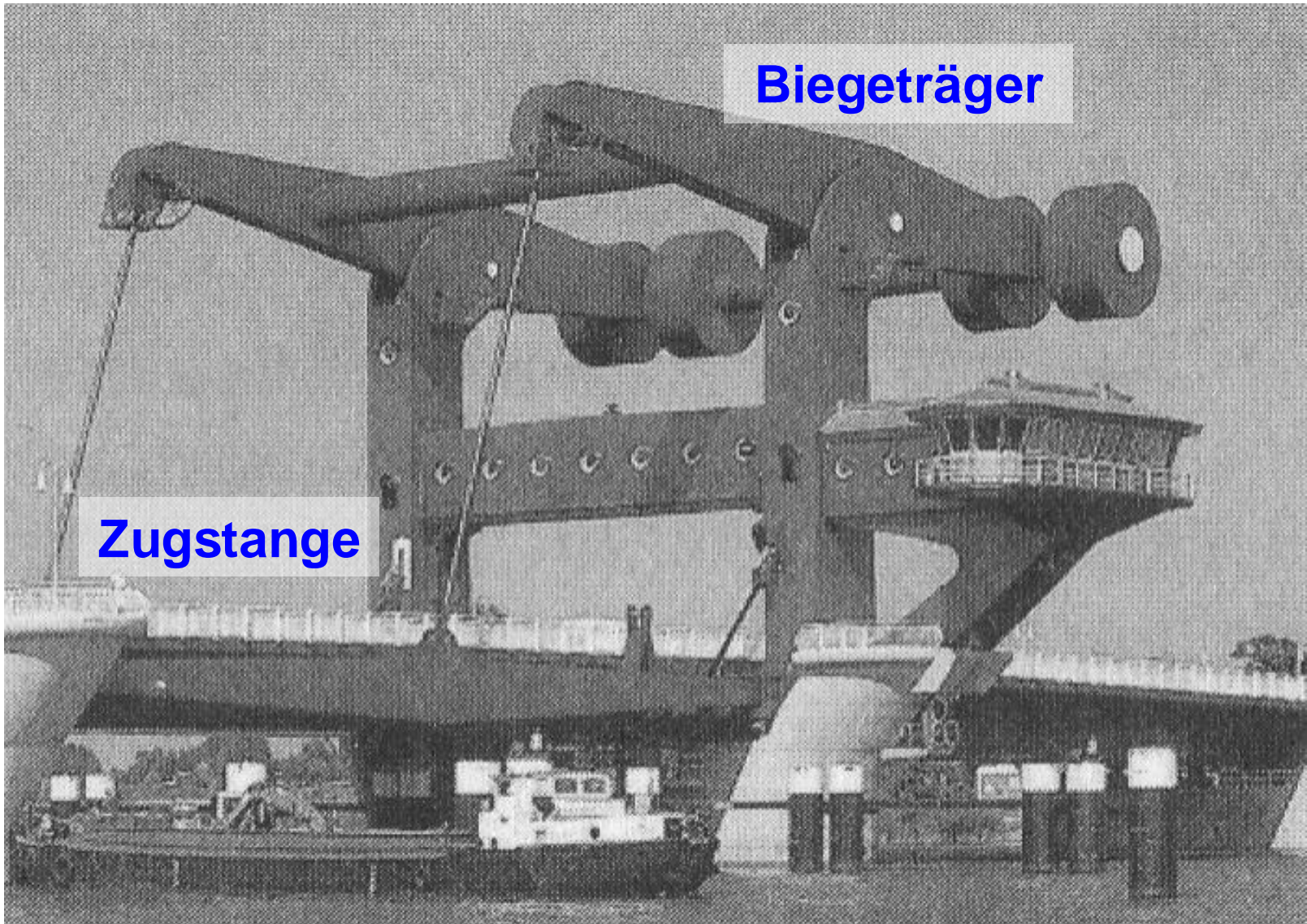
Gestaltungsgerecht

Werkstoffgerecht	Formgebung entsprechend Werkstoffeigenschaften
Festigkeitsgerecht	Bauteilquerschnitt an Belastung angepasst
Fertigungsgerecht	Schweißkonstruktion ⇔ Gusskonstruktion
Montagegerecht	Einfache Fügevorgänge
Verpackungsgerecht	Bsp.: IKEA-Möbel
Transportgerecht	Maßbeschränkung Bsp.: Breite LKW = 2,5 m

Belastungsgerechte Konstruktion



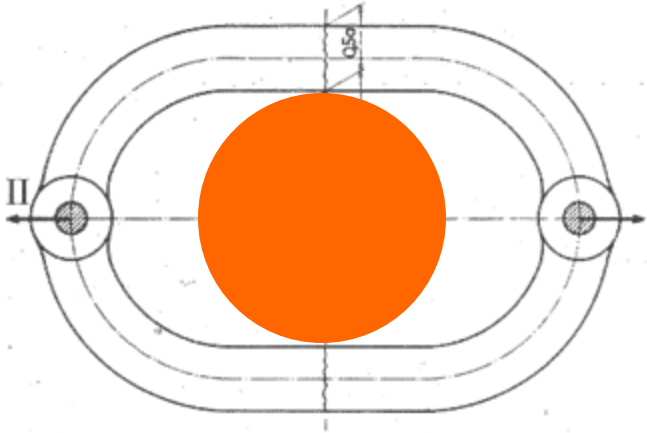
Gegenüberstellung: Zug \Leftrightarrow Biegung



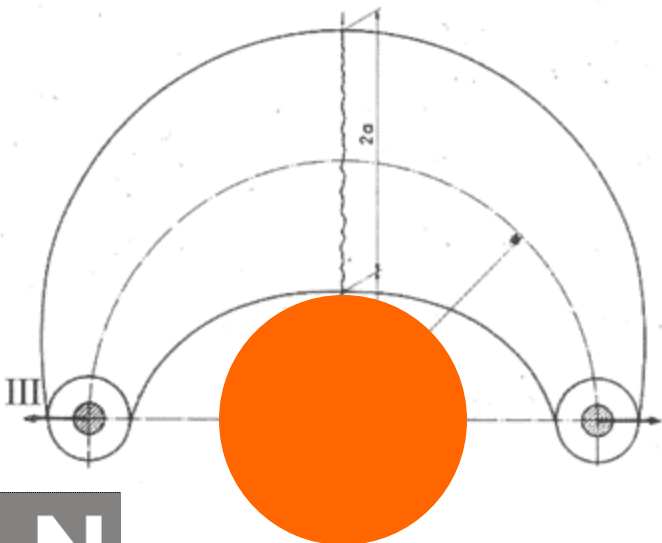
Kraftfluss



- Direkter Weg
(reine Zugbelastung)



- Hindernis
beidseitig umgangen
(Zug und Biegung)



- Hindernis
einseitig umgangen
(Zug und Biegung)

Lasthaken

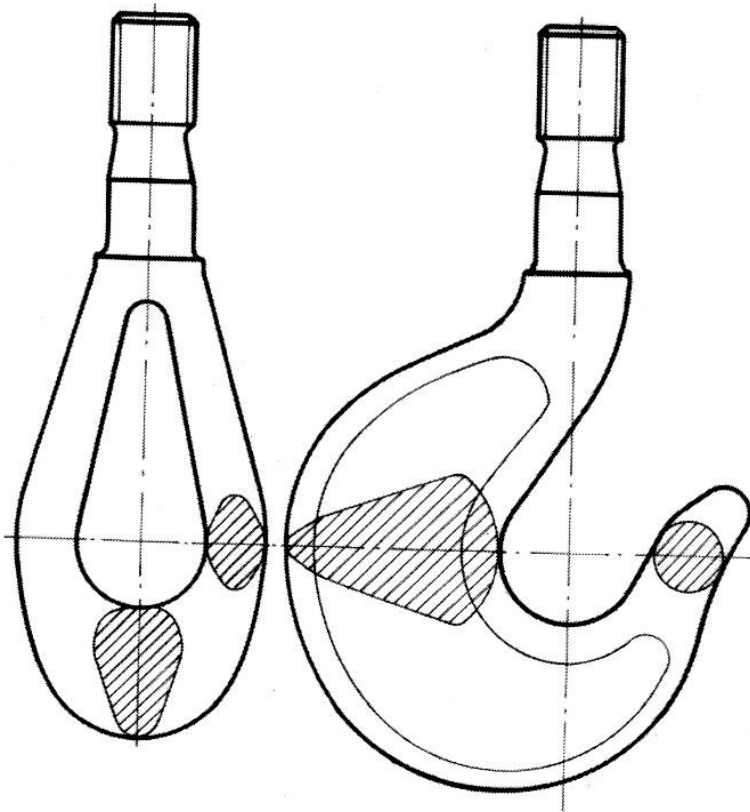
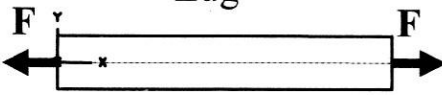
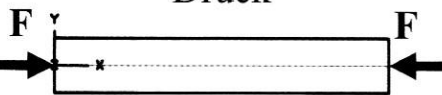

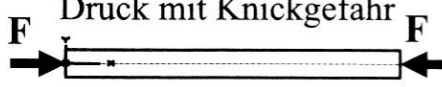
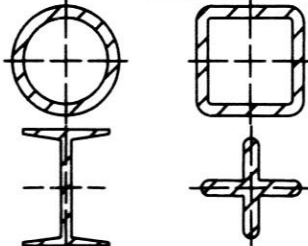
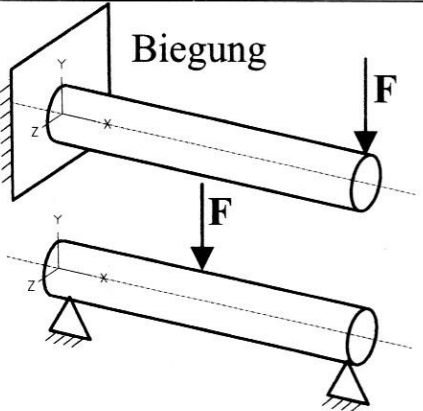
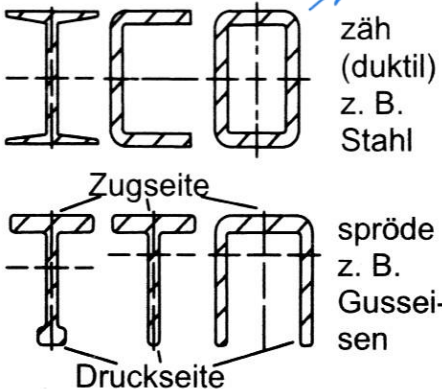

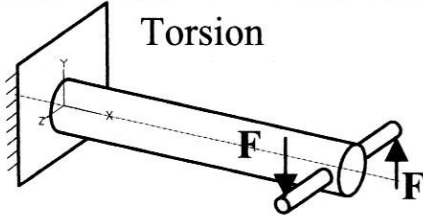



Bild 3.3 Lasthaken und Lastöse [25]

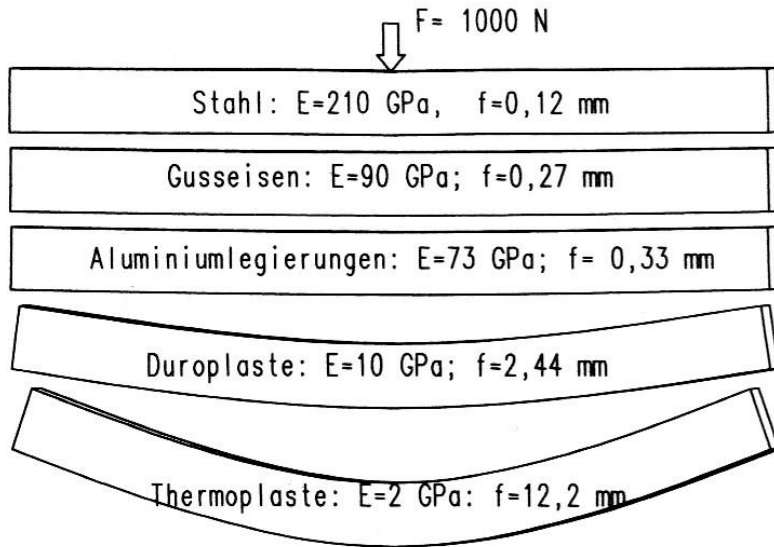
Die Lastöse entspricht der Variante II und der Lasthaken der Variante III nach Bild 3.2.

Der Werkstoffaufwand spricht eindeutig für die Lastöse. Infolge der schlechten Handhabbarkeit ist jeder Kran mit dem werkstoffaufwändigen Kranhaken ausgerüstet.

Beanspruchungsart	geeignete Profile	Bemerkungen
<p>Zug</p> 	<p>beliebig</p> <p>Auf billige Halbzeuge zurückgreifen!</p>	<p>Querschnitt beliebig wählbar, da nur beanspruchte Flächen-größe und Werkstoff von Be-deutung sind.</p>
<p>Druck</p> 	<p>beliebig,</p>  ist aber schlecht	<p>Länge der Bauteile im Ver-gleich zum Querschnitt sollte klein bleiben – Knickgefahr!</p>
<p>Druck mit Knickgefahr</p> 	 <p>für Konstr. nutzen</p>	<p>Bei langen schlanken Bauteilen ist der Nachweis der Sicherheit gegen Knicken zu führen!</p>
<p>Biegung</p> 	 <p>Zugseite</p> <p>Druckseite</p>	<p>Nach Möglichkeit solche Profile verwenden, die weit von der neutralen Faser entfernt Mate-rial aufweisen. Für Gusswerk-stoffe mehr Material auf der Zugseite anordnen!</p>  ist ungünstig!
<p>Torsion</p> 	<p>besser für Torsion geeignet</p> 	<p>Bei Torsion geschlossene Hohlprofile verwenden!</p> <p>I ist ungünstig!</p>

Tafel 3.1 Zuordnung von Bauteilquerschnitten zu Beanspruchungsarten

Durchbiegung

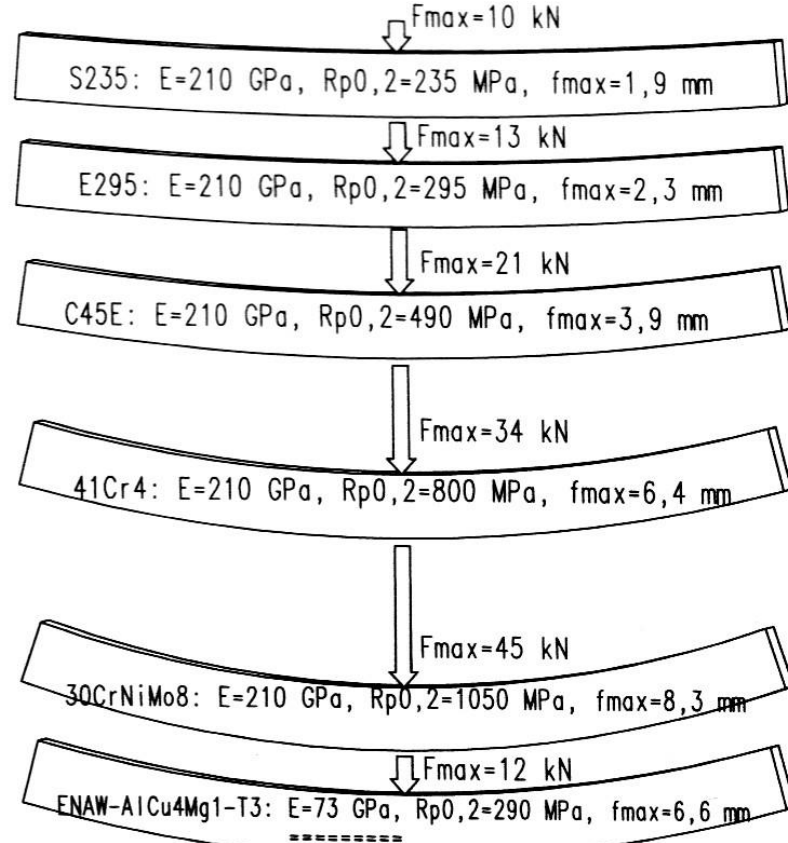


Balken auf zwei Stützen,
Stützweite $l = 500 \text{ mm}$, Höhe $h = 40 \text{ mm}$, Breite $b = 20 \text{ mm}$
durch Querkraft $F = 1 \text{ kN}$ um "f" durchgebogen
(vergrößert dargestellt)

Beachte:

- Beanspruchung bei Raumtemperatur
- Kunststoffe neigen zum Kriechen, besonders bei höheren Temperaturen (Durchbiegung wird mit der Zeit größer)

Bild 3.13 Durchbiegung verschiedener Werkstoffe bei gleicher Last



Balkenquerschnitt: $b = 20 \text{ mm}$, $h = 40 \text{ mm}$
Stützweite: $l = 500 \text{ mm}$

Bild 3.14 Durchbiegung bei verschiedener Streckgrenze (ENAW-AlCu4Mg1-T3 zum Vergleich)

→ Alu für Konstruktion verwenden

Relative Biegespannung und Durchbiegung

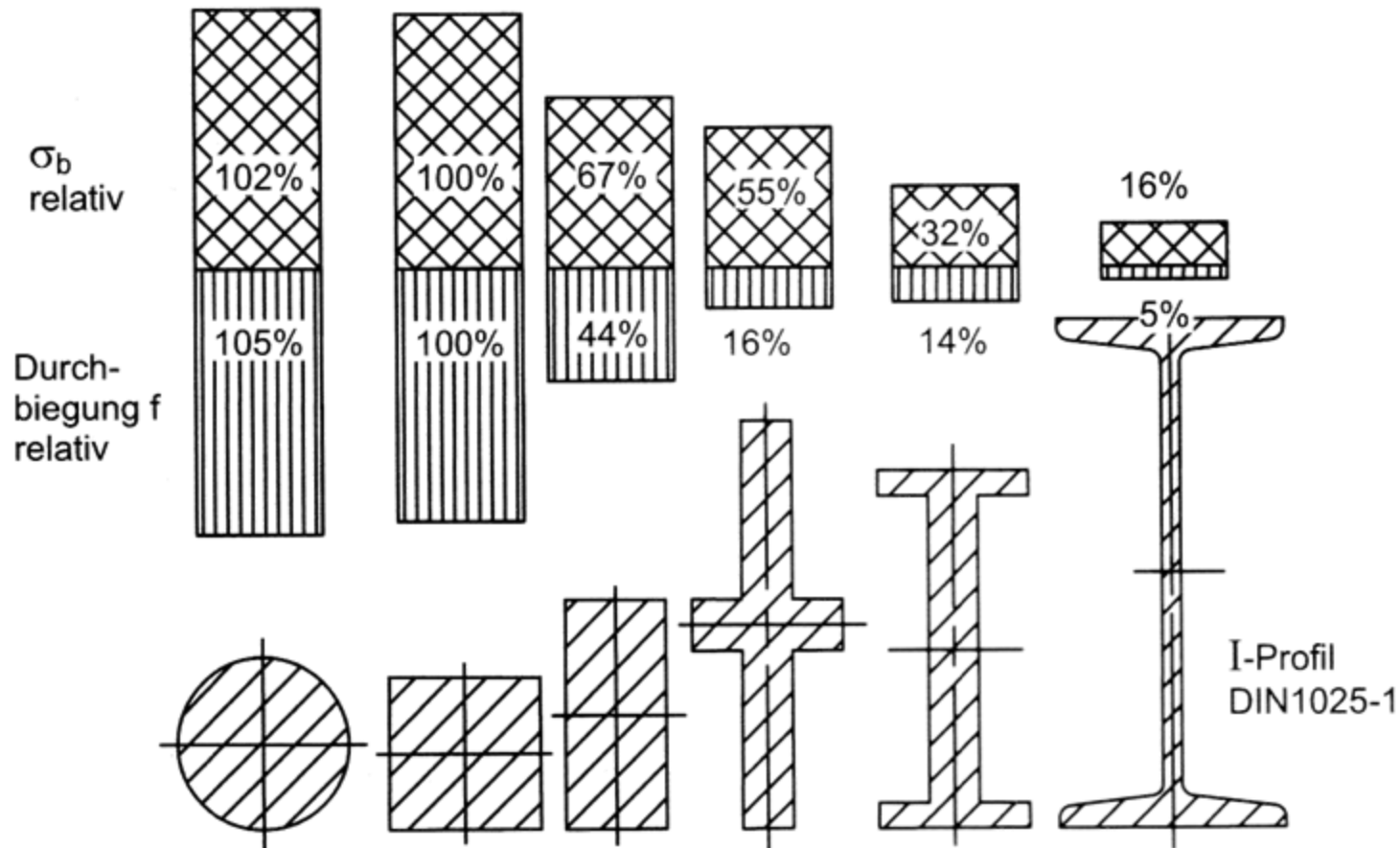


Bild 3.12 Vergleich der relativen Biegespannungen (σ_b) und Durchbiegungen (f) von Kragbalken mit verschiedenen Profilen gleichen Flächeninhalts

Torsion und offener Querschnitt

Die Berechnung der Torsionsbeanspruchung und der Verdrillung von nicht kreisförmigen und offenen Querschnitten ist aufwendig, mit den Angaben nach Bild 3.18 soll ein Eindruck zum Verhalten verschiedener Profile vermittelt werden.

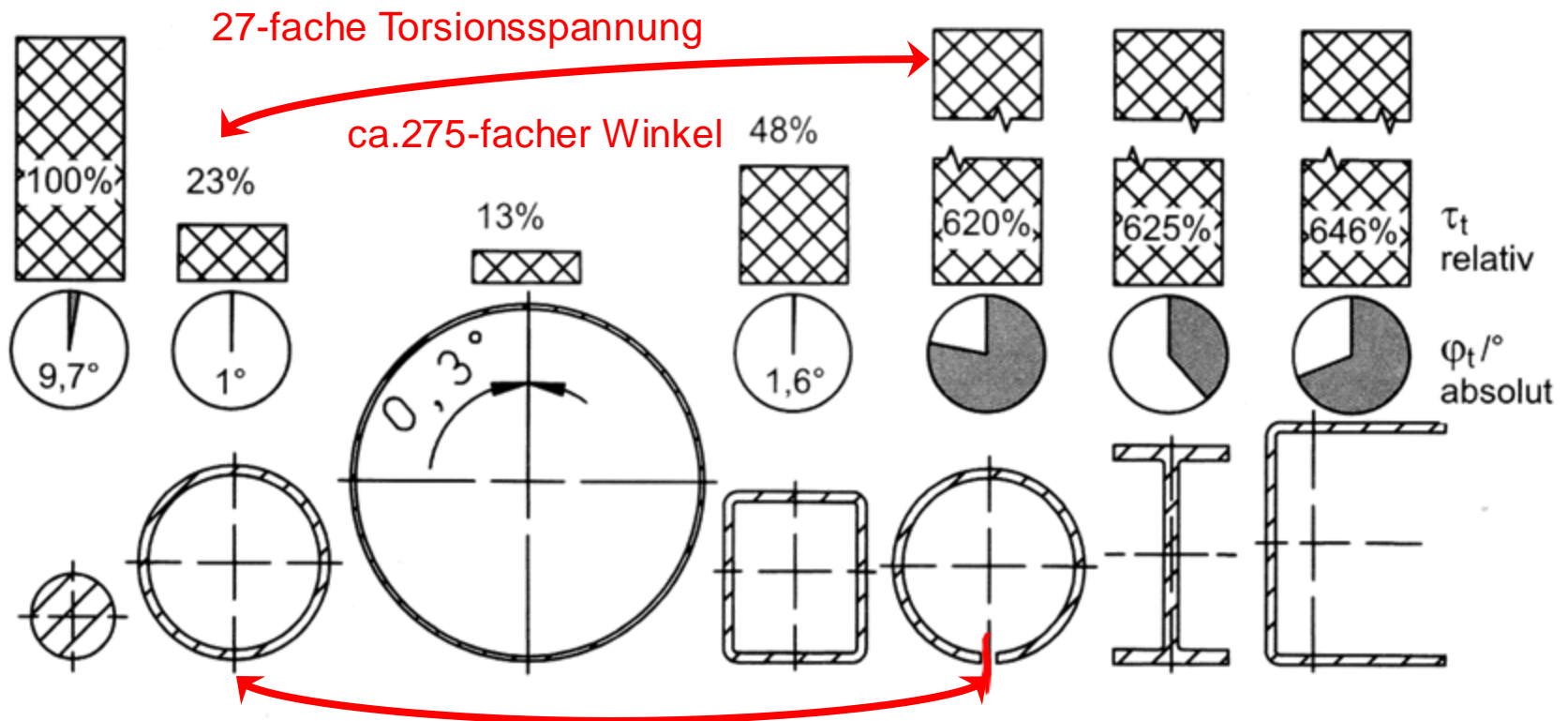


Bild 3.18 Vergleich der relativen Torsionsschubspannungen (τ_t) und der Verdrehwinkel (ϕ_t) für verschiedene Profile (gleicher Flächeninhalt $A = 960 \text{ mm}^2$ bei einer identischen Belastung $T = 2 \text{ kNm}$, zugrunde gelegt wurde eine freie Länge von 1 m)

→ geschlossenes Profil von sehr großer Bedeutung (Torsion)