

Konstruktion und CAD

Prof. Dr.-Ing. Martin Bothen

SoSe 2021



TH Aschaffenburg
university of applied sciences

Konstruktionsmethodik

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

- **Phase III: Entwerfen**
 - **Leichtbauweise**
 - **Entwickeln von Baureihen und Baukästen**

Leichtbauweise

Leichtbau, warum?

➤ **Kosten sparen**

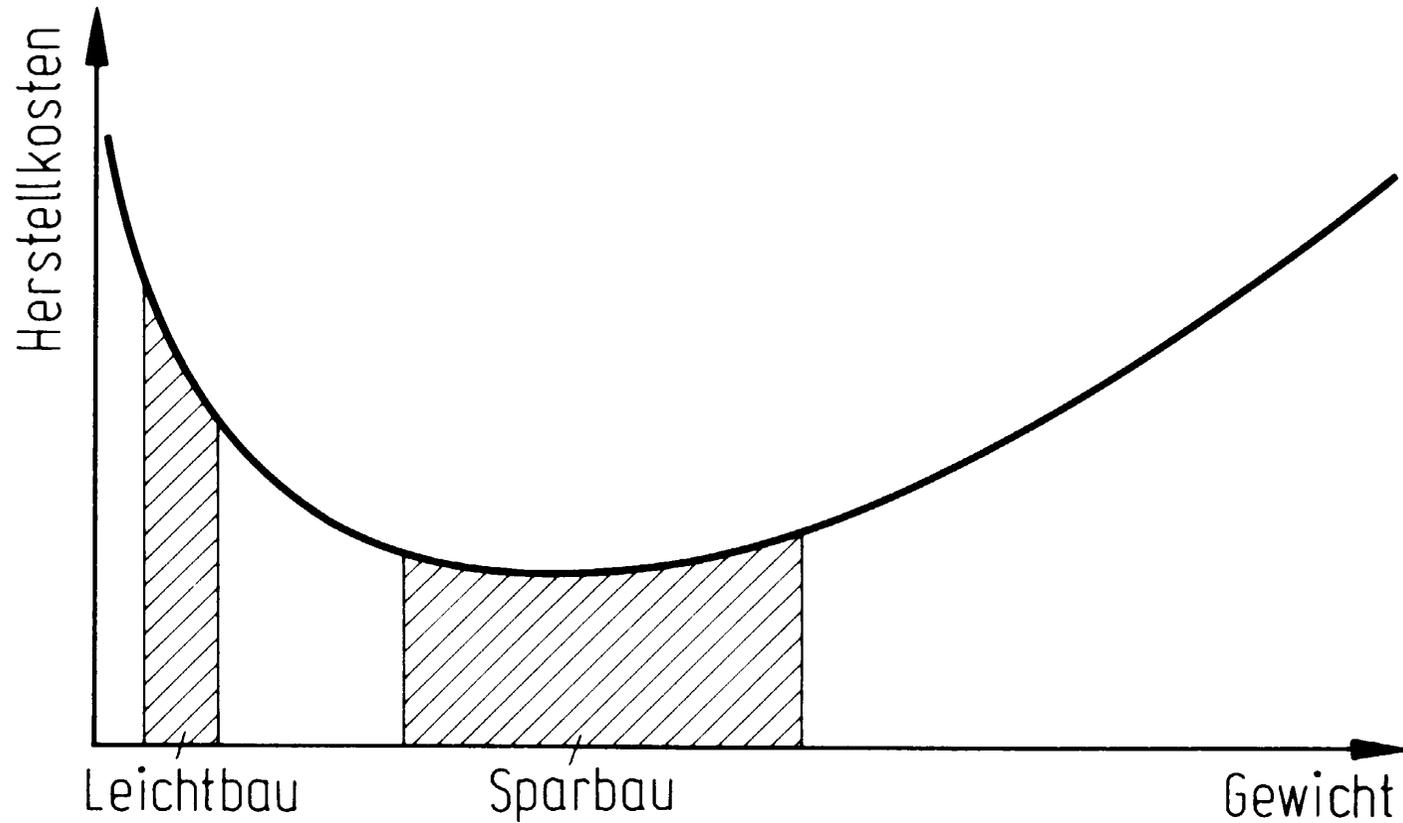
- geringerer Materialeinsatz
- geringere Energiekosten für den lebenslangen Transport/Bewegung des Bauteils
- Gewichtskompensation

(Durch Zusatzaggregate werden Fahrzeuge immer schwerer, Airbag, Gurtstraffer, Kat, Abgasregelungen, Fahrstabilitätsfunktionen, breite und große Reifen, Raumbedarf generell, Seitenaufprallschutz, Crashboxen, diese Zusatzgewichte müssen kompensiert werden.)

• **Dynamik steigern**

- Beschleunigung und Verzögerung steigern
- gespeicherte Energie verringern

-> <http://de.wikipedia.org/wiki/Leichtbauweise>



Leichtbau

Einsatzgebiete/Beispiele

- **Flugzeugbau**
Gesamtes Flugzeug, Außenhaut, Tragflächen, Ausstattung
- **Automobil**
Karosserie und Ausstattung
- **Fahrrad**
Rahmen, Felgen etc.
- **Sport**
Schuhe, Helme, Angelruten aus Kohlefaser etc.

Leichtbau – Technische Ansatzpunkte

Material

- **Hochfester Stahl**

Stahl durch hochfesten Stahl ersetzen, oft borlegiert
Nachteil, die Dehnung verringert sich, so dass die Fertigung neue Herausforderungen mit sich bringt, enge Radien können nicht mehr gebogen werden; Schweißkonstruktionen aufwendiger bzw. nur Kleben, Clinchen möglich

- **Leichtmetalle**

- **Aluminium**
- **Magnesium**

- **Composite Werkstoffe**

- **Kohlefaser**
- **Glasfaser**

Leichtbauweise

Stahlsorte	Bezeichnung	Werkstoff Nr.	Bruchdehnung in Prozent	Zugfestigkeit in N/mm ²	Verwendung
Baustahl	St 37	1.0110	50	370	Rahmenrohre, Halterungen, Schutzbleche
Baustahl	St 52	1.0841	44	520	Rahmenrohre, Halterungen, Schrauben
Vergütungsstahl	CK 45	1.1191	36	700	Rahmenrohre, Halterungen, Schrauben
Vergütungsstahl	41Cr4	1.7035	26	1.050	Rahmenrohre, Schrauben, Kurbeln, Achsen
Vergütungsstahl	25CrMo4	1.7218	15	850	Rahmenrohre, Kurbeln, Achsen, Zubehör
Vergütungsstahl	31CrMoV9	1.8519	20	1.100	Rahmenrohre für Messinggelötete Rahmen
Nitrierstahl	34CrAl6	1.8504	28	850	Lagerschalen, Konen, Pedalachsen
Nichtrostender Stahl (unverfestigt)	X5CrNi18 9	1.4301	88	220	Rahmenrohre, Schutzbleche Speichen, Schrauben
Nichtrostender Stahl (vergütet)	X20Cr13	1.4021	15	900	Achsen, Lager
Federstahl	C67	1.0603	12	1.600	Federn

Leichtbauweise

	Dichte [kg/dm ³]	Schmelz- temperatur [°C]	Zugfestigkeit N/mm ²	Bruch- dehnung [Prozent]	Elastizitäts- modul N/mm ²
Stahl	7,4 – 7,9	1.050 – 1.400	340 – 3.000	2 – 60	175.000 – 225.000
Aluminium	2,7	660	40 – 650	4 – 80	67.500 – 76.000
Titan	4,5 – 4,7	1.668 (Reintitan)	280 (Reintitan) 400 – 800 (sauerstoff-verfestigt) 800 – 1.100 (Al/V-legiert)	7 – 30	120.000
Magnesium	1,74	650	100 – 350	3 – 12	47.500
Faserverstärkter Kunststoff	1,1 – 1,6	–	80 – 280	2 – 20	8.000 – 20.000
Karbon	1,3 – 1,6	–	150 – 1.300	1 – 3	50.000 – 210.000

Tabelle: Werkstoffdaten

Leichtbauweise

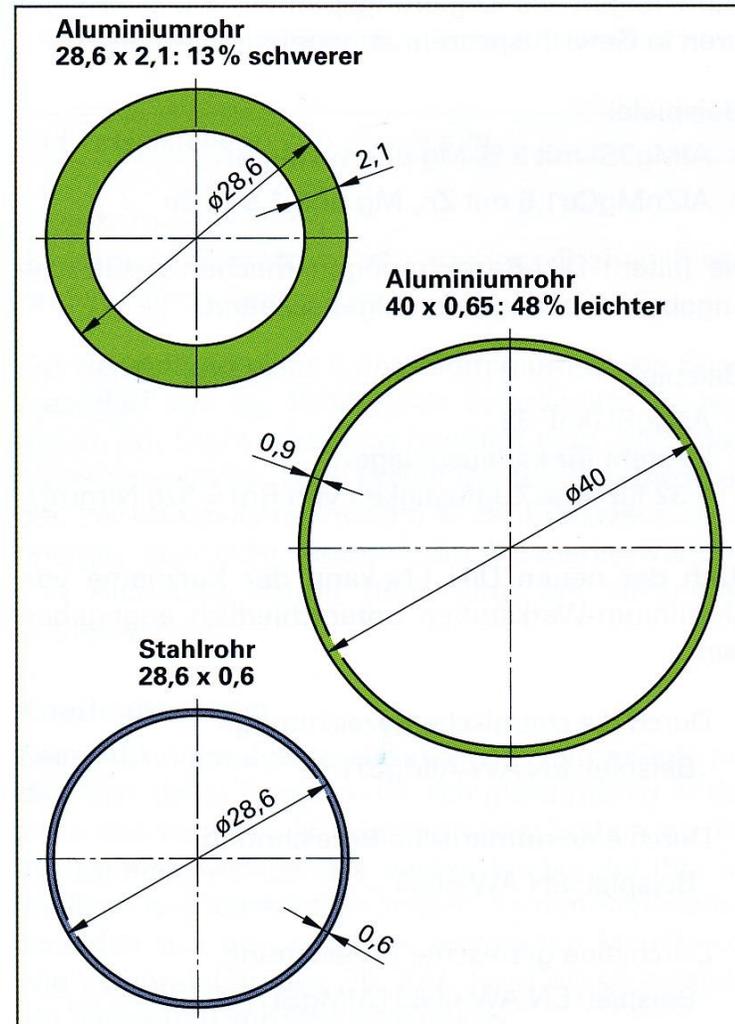


Bild 1: Vergleich von Aluminium- und Stahlrohren gleicher Steifigkeit

Leichtbauweise: Mehrschichtiger Laminataufbau aus unidirektionalen Einzelschichten

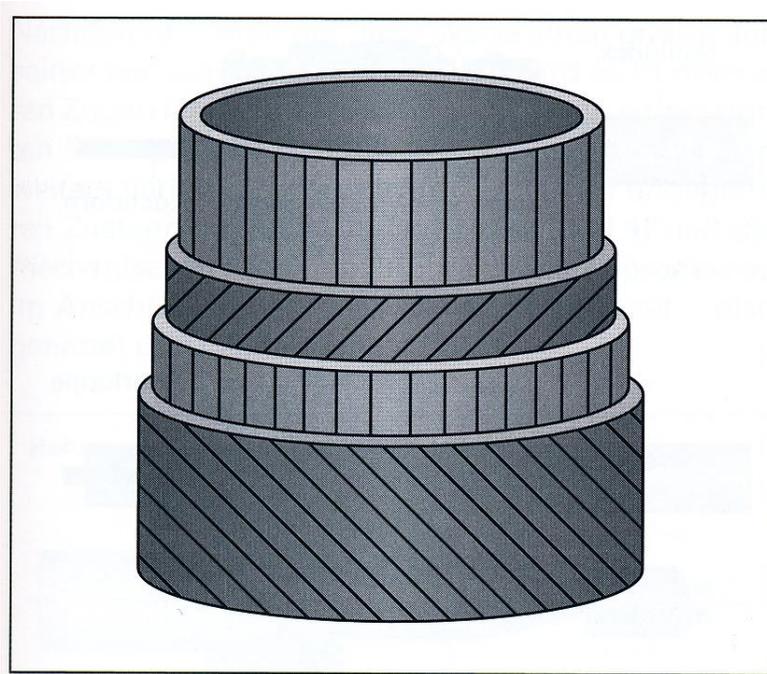
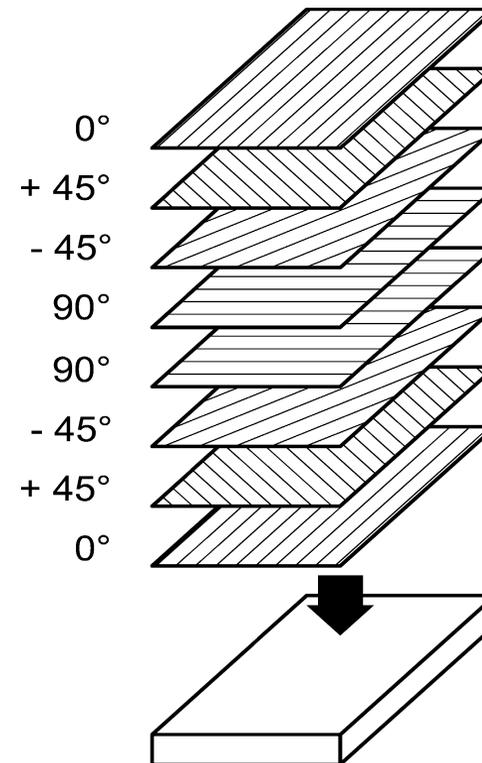


Bild 1: Auf Biegung und Torsion ausgelegtes Carbonrohr

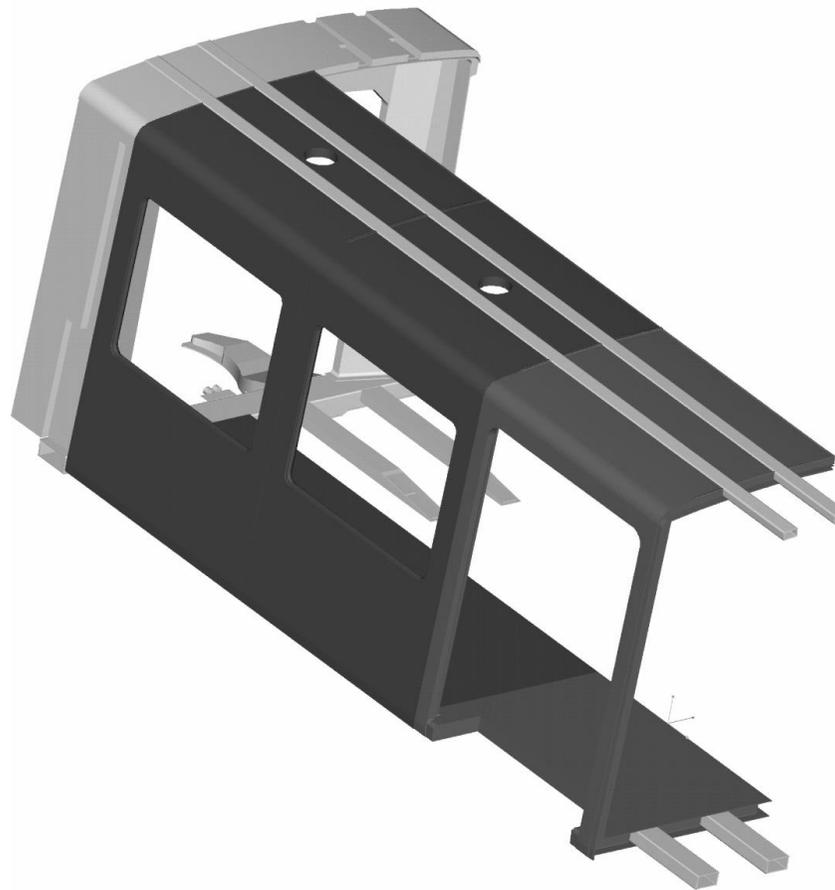


Leichtbau – Technische Ansatzpunkte

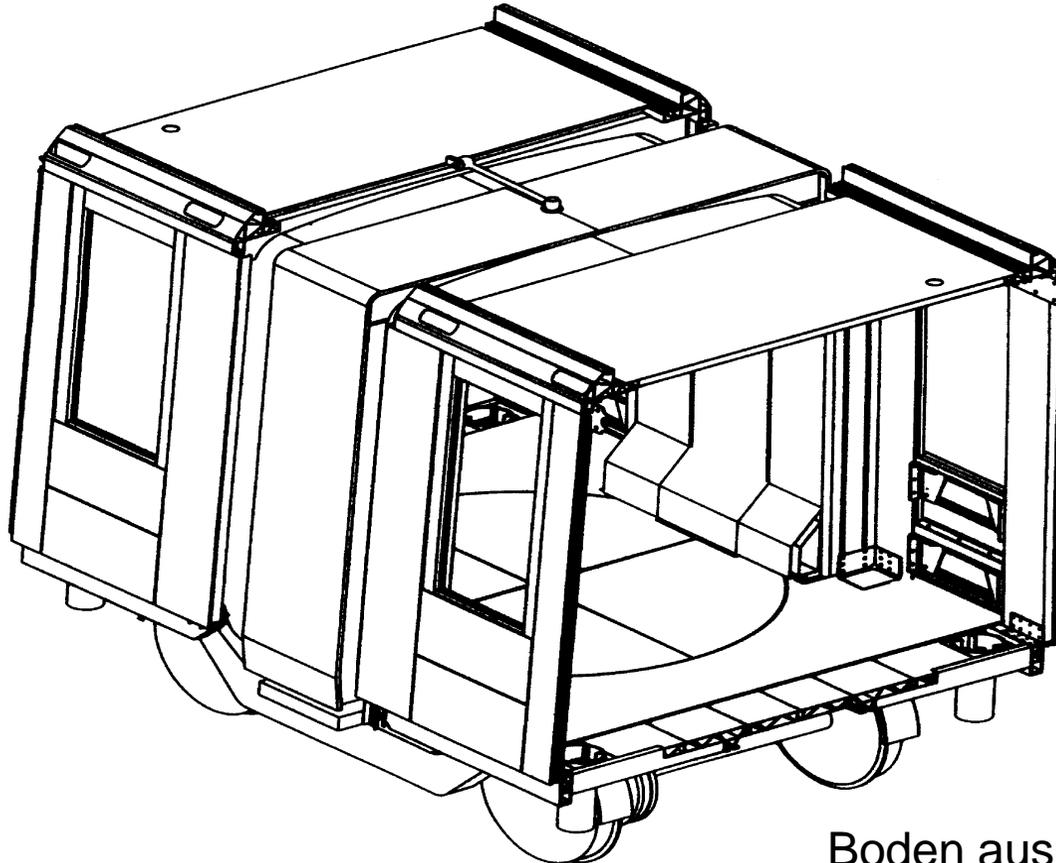
Tipps für die Konstruktion

- **Geschlossene und keine offenen Profile**
konsequente Umsetzung der Erkenntnisse aus der Technischen Mechanik
- **Sandwichkonstruktionen**
Jede Lage hat ihr optimales Material
Hohlprofile ausschäumen um dem Beulen vorzubeugen
- **Funktionen zusammenlegen**
„Abspecken“: Notrad als Ersatzrad, Kabelbaum durch Bussteuerung verkleinern
- **Entbehrlichkeit prüfen**
„Reduce to the max“ – besonders kostengünstig

Leichtbauweise: Fahrzeugrohbau in GFK-Sandwichbauweise

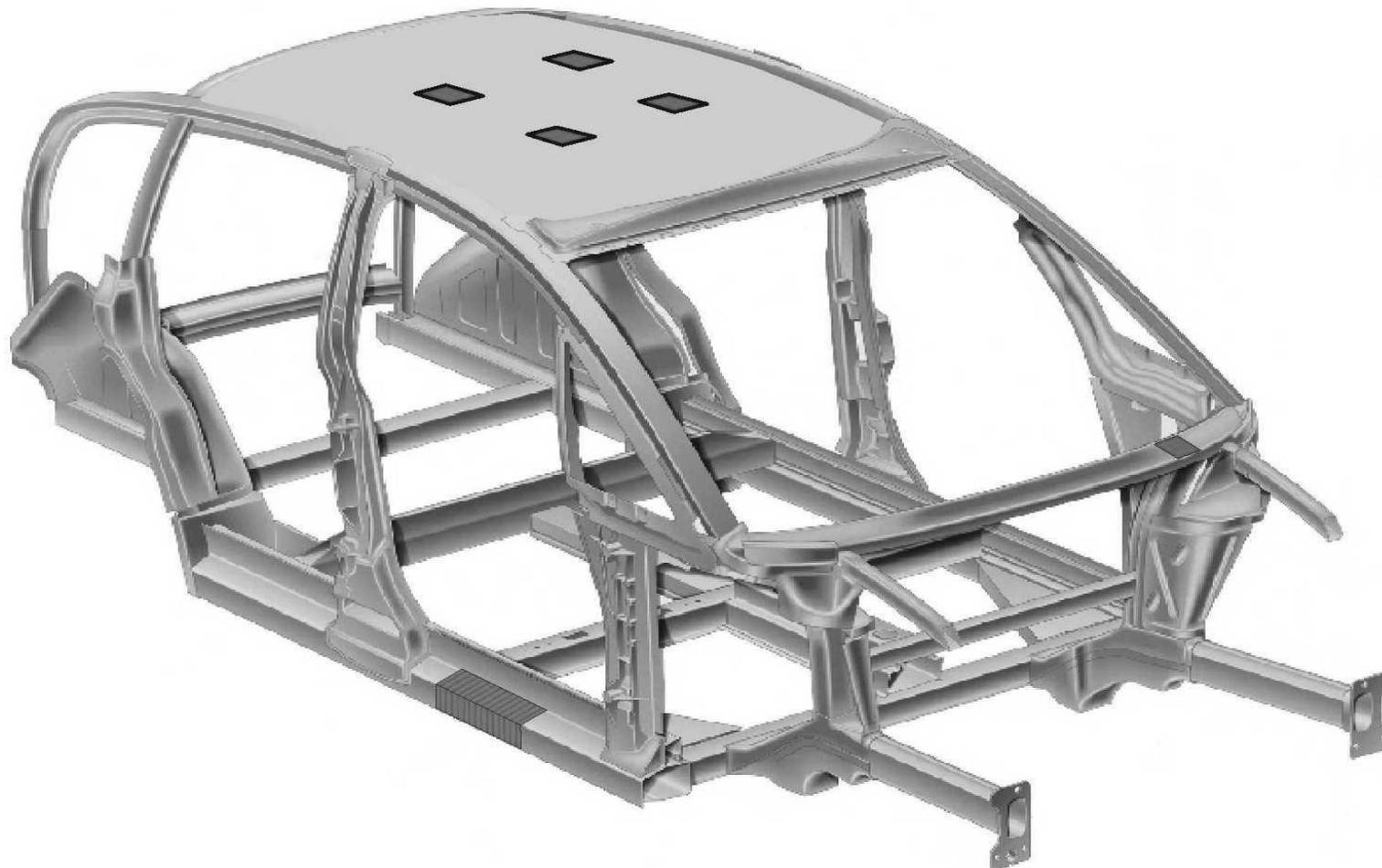


Leichtbauweise: Wagenkasten in hybrider Bauweise

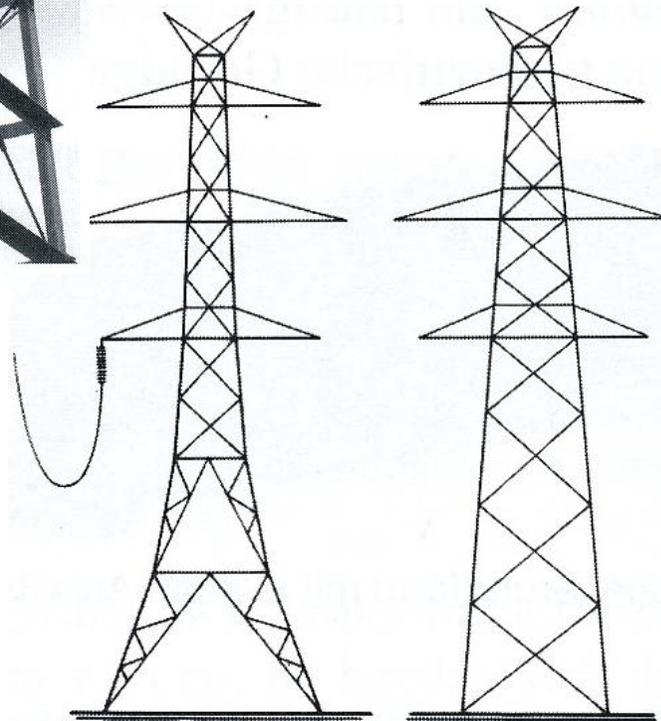
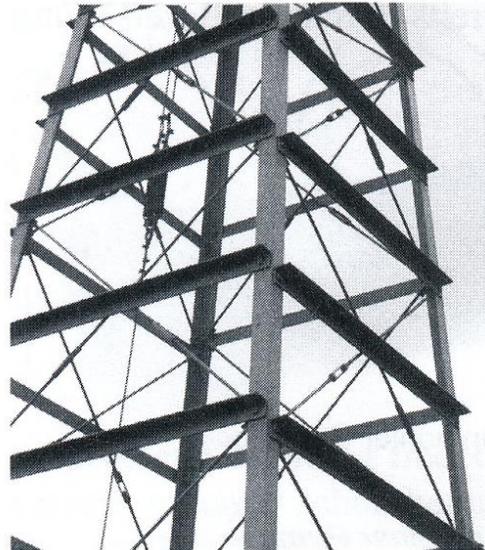


Boden aus Al-Strangpressprofilen geschraubt;
Dach aus Sandwich geklebt

Leichtbauweise: PKW-Karosserie



Leichtbauweise



Leichtbauweise

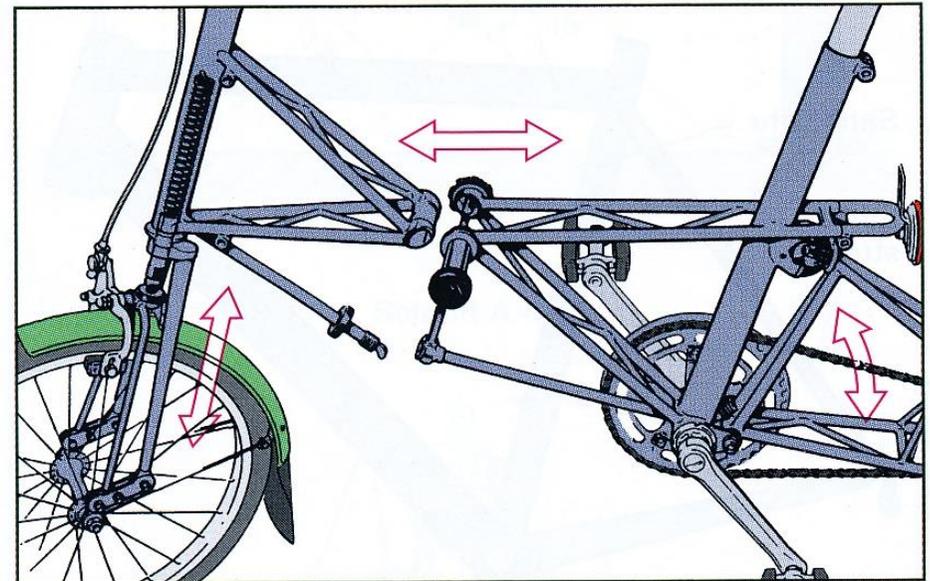


Bild 3: Moulton mit Zerlegemöglichkeit

Leichtbauweise: Blechversteifung



Bild 3.79 Sicken- und Bördelversteifung eines Kotflügels

Blechversteifungselemente werden häufig kombiniert angewendet.

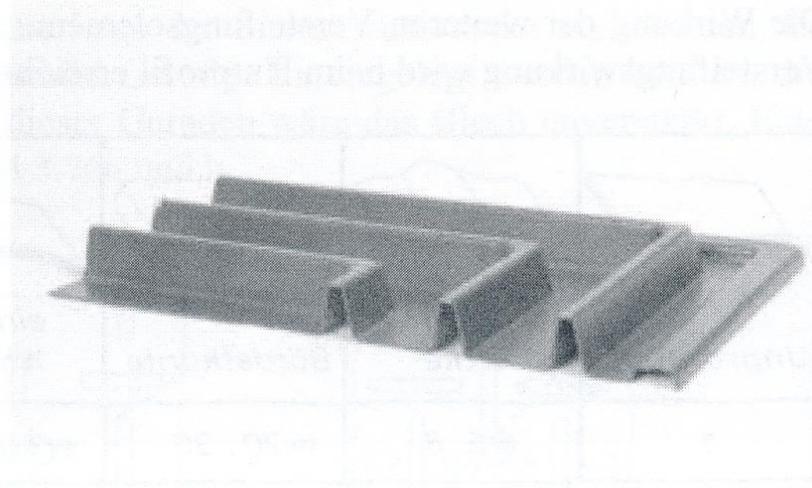
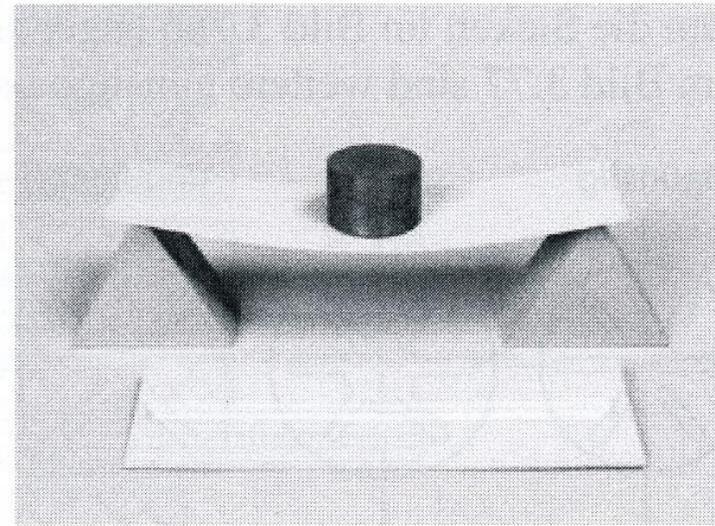
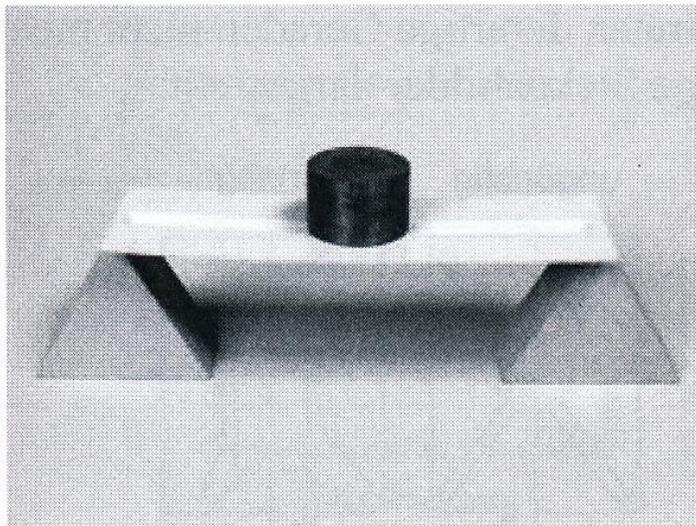


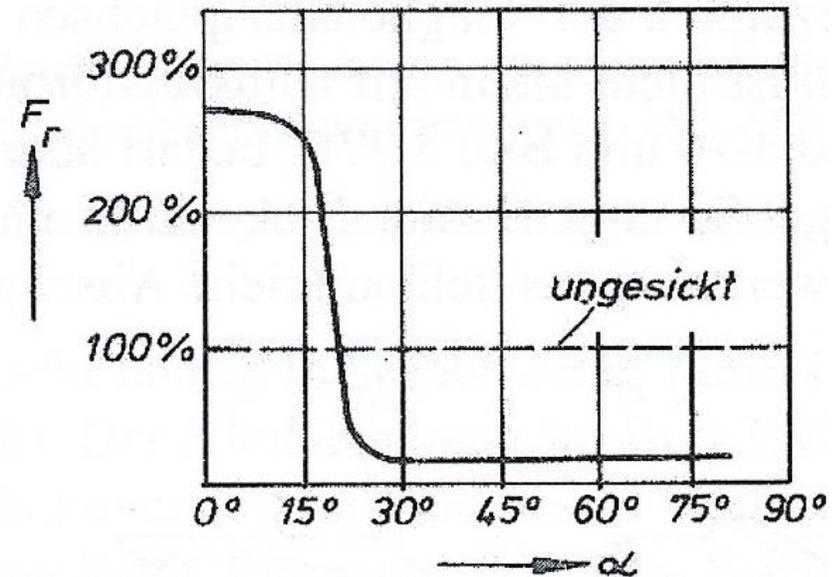
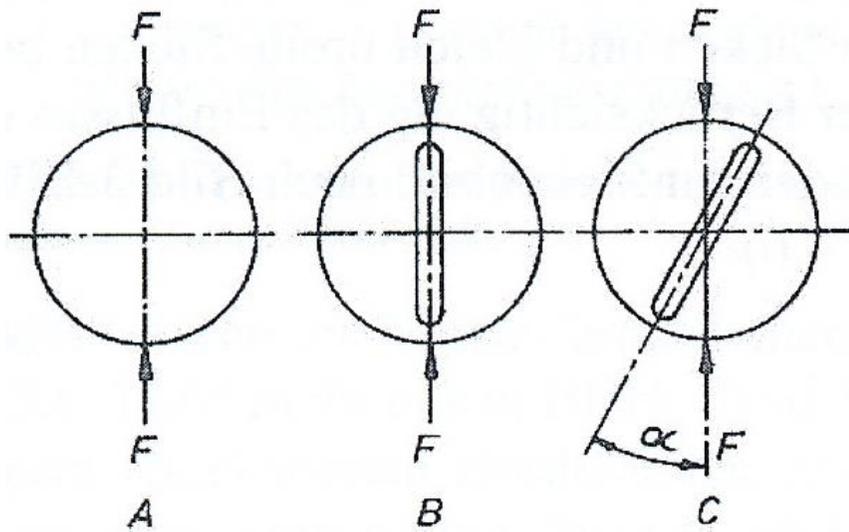
Bild 3.80 PKW-Hutboden, Ausschnitt [45]

Trapezförmige Sicken versteifen das dünnwandige Bauteil, Kunststoffolie thermisch geformt.

Blechversteifung: Durchbiegung



Blechversteifung: Knickbeanspruchung



Entwickeln von Baureihen und Baukästen

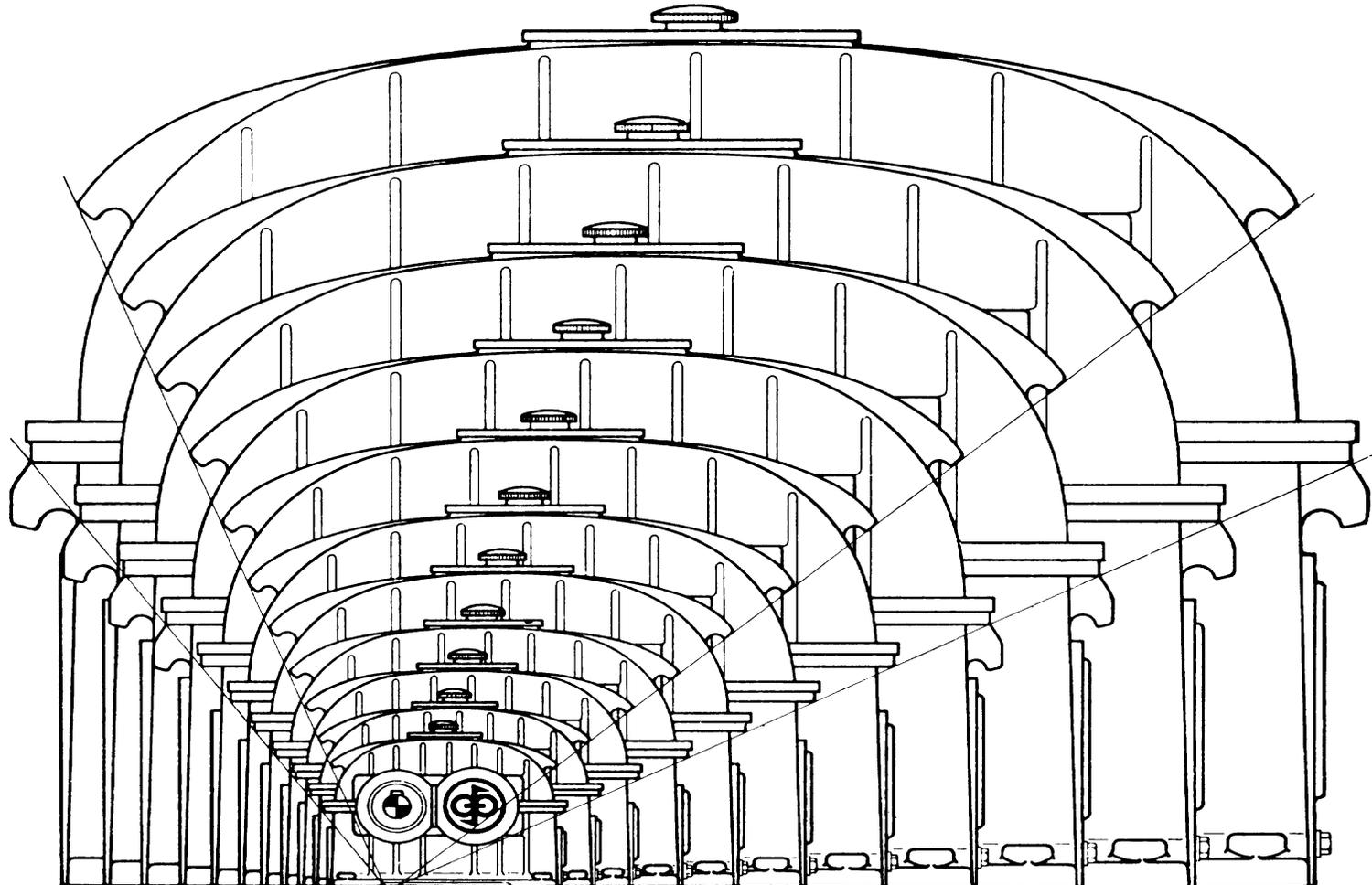
➤ Baureihe

- geänderte Aufgabe (-> geänderte Anforderungsliste)
 - dieselbe Funktion (-> gleiche Funktionsstruktur)
 - mit der gleichen Lösung (-> gleiche Wirkstruktur)
 - in mehreren Größenstufen (-> neuer Gesamtentwurf)
 - bei möglichst gleicher Fertigung
- Ähnlichkeitsgesetze:
- gleich hohe Werkstoffausnutzung bei möglichst gleichen Werkstoffen und gleicher Technologie

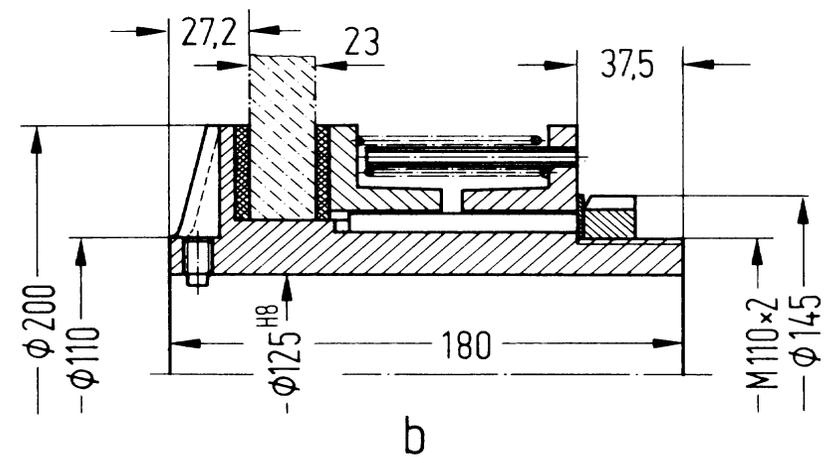
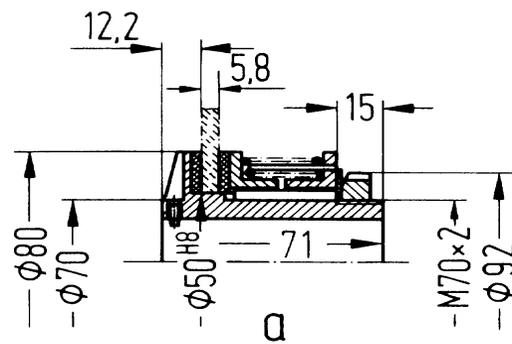
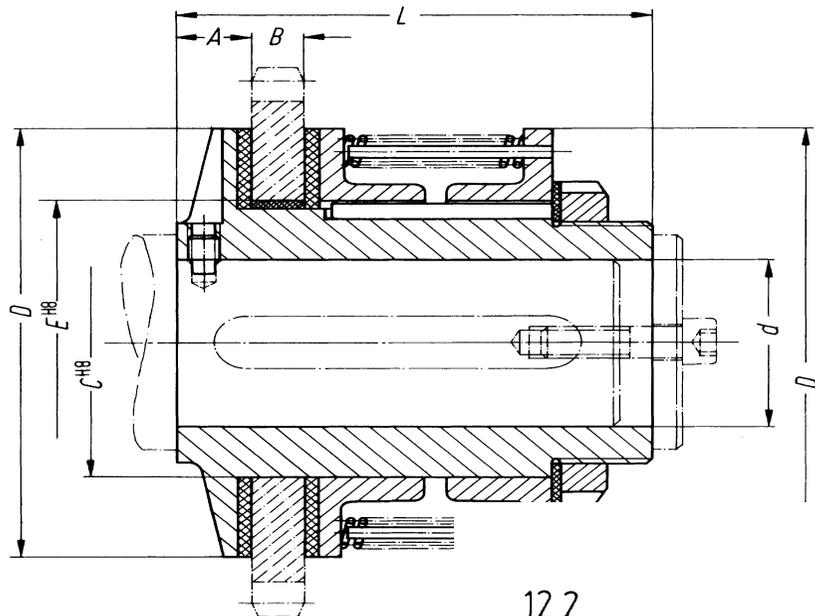
➤ Baukasten

- neue Anforderungen erfüllen (-> neue Anforderungsliste)
- mit Einzelteile als Bausteine (-> bewährte Funktionen)
- durch Kombination der Bausteine verschiedene Gesamtfunktionen (-> neue Prinzipielle Lösung)
- neue Lösung (-> neuer Gesamtentwurf)

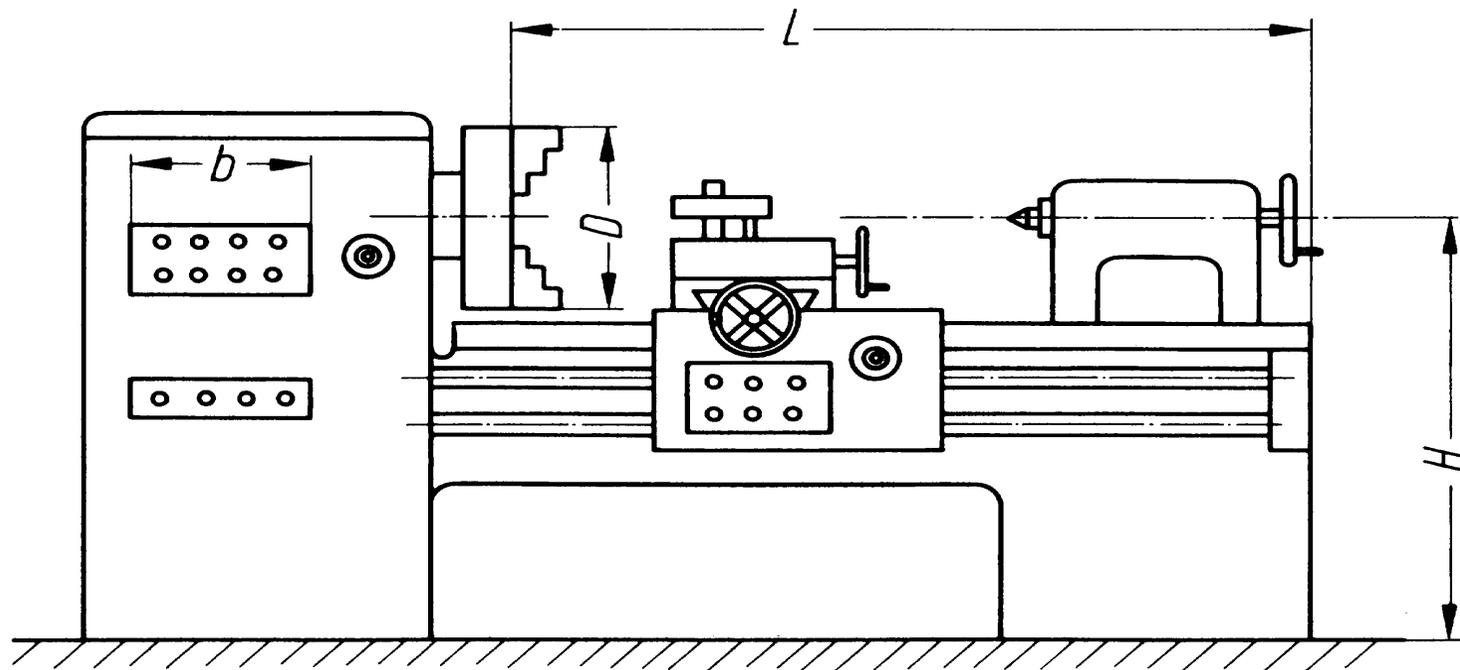
Baureihe: Getriebebaureihe



Baureihe: Rutschnabe



Baureihe: Drehmaschine mit Hauptabmessungen und Bedienelementen



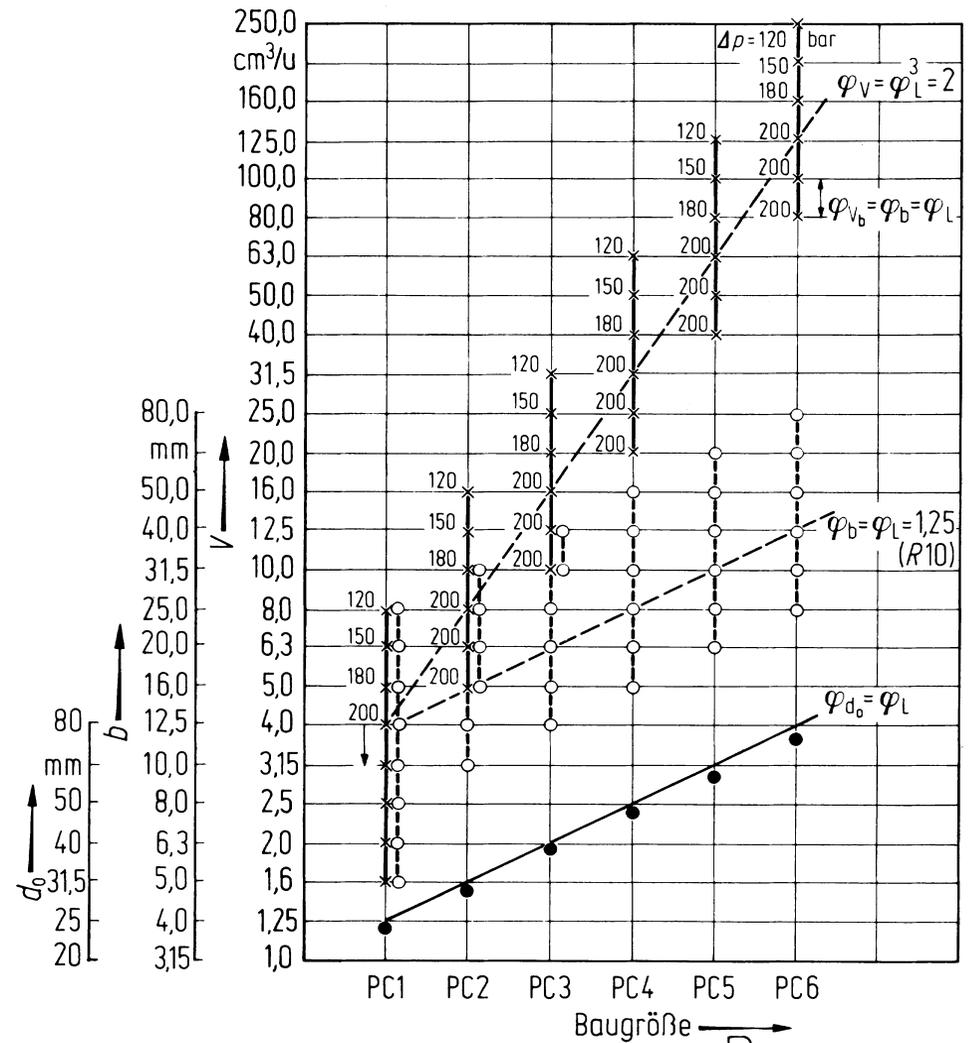
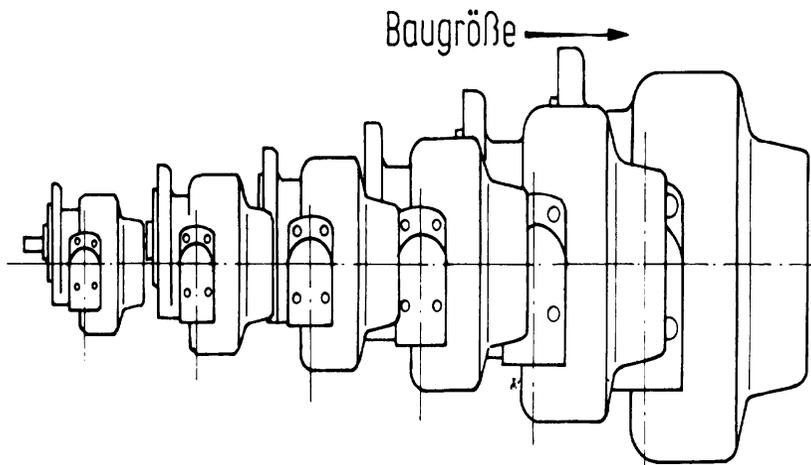
$$\varphi_D = \frac{D_1}{D_0}$$

$$\varphi_L = \frac{L_1}{L_0}$$

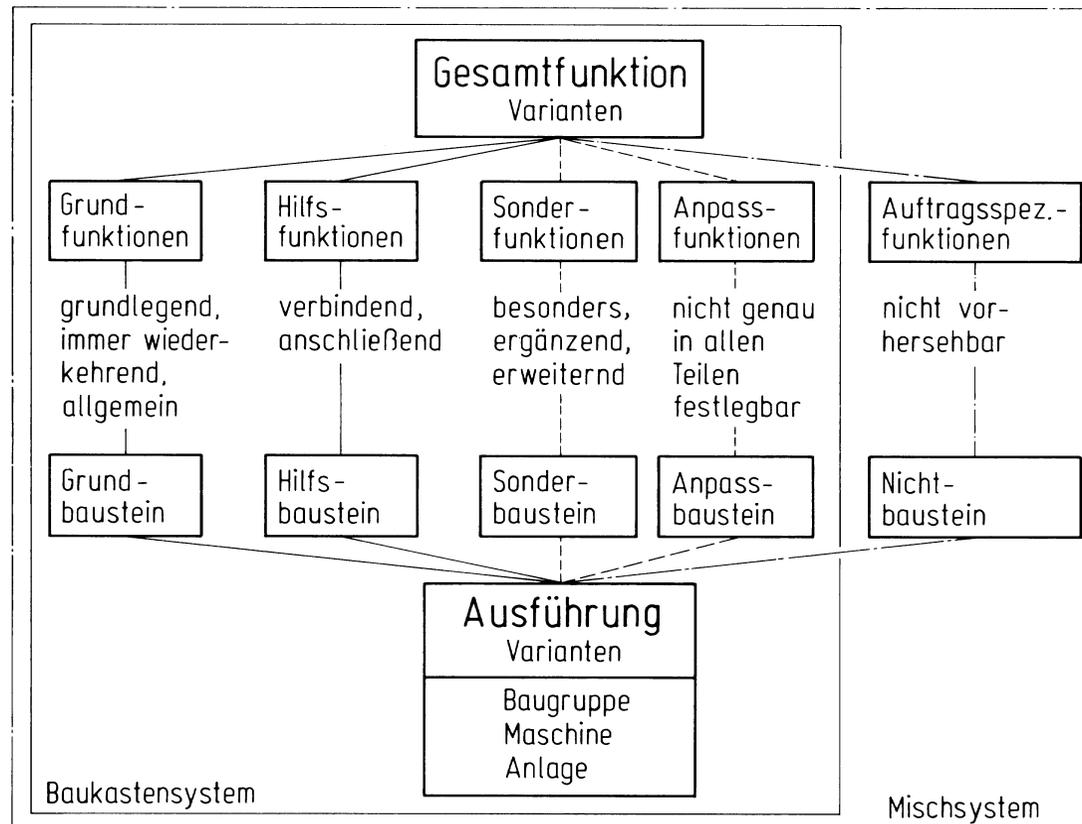
$$\varphi_H = \frac{H_1}{H_0}$$

$$\varphi_b = \frac{b_1}{b_0}$$

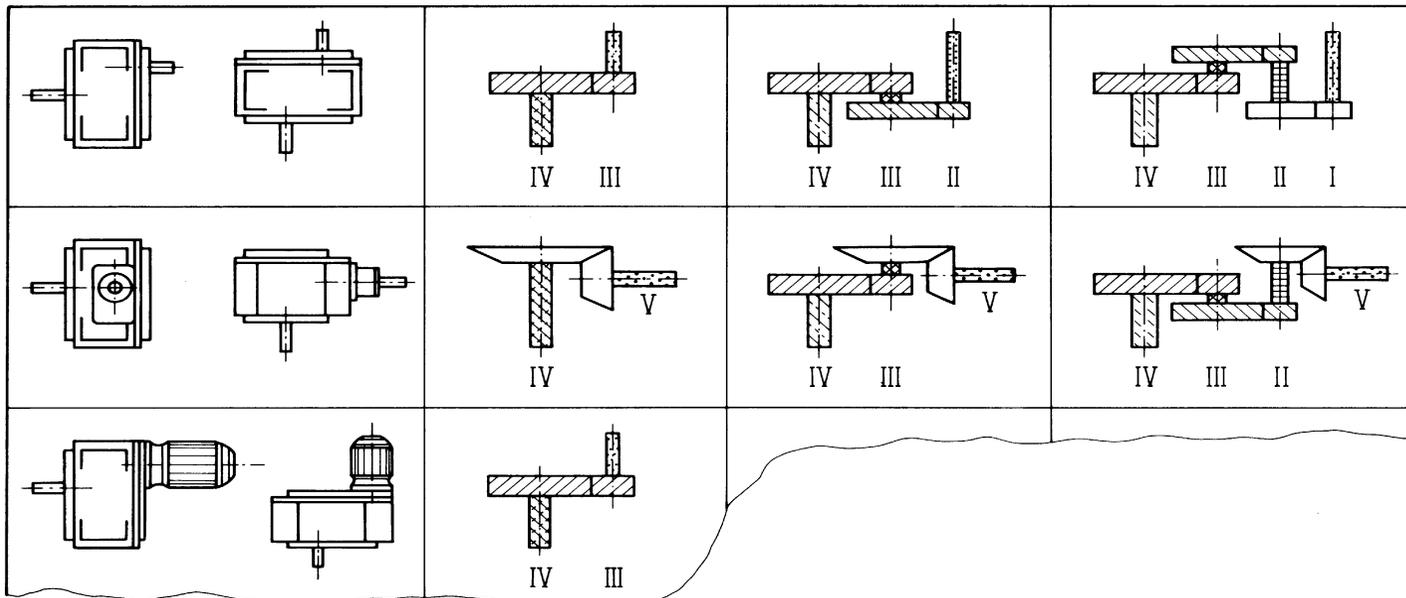
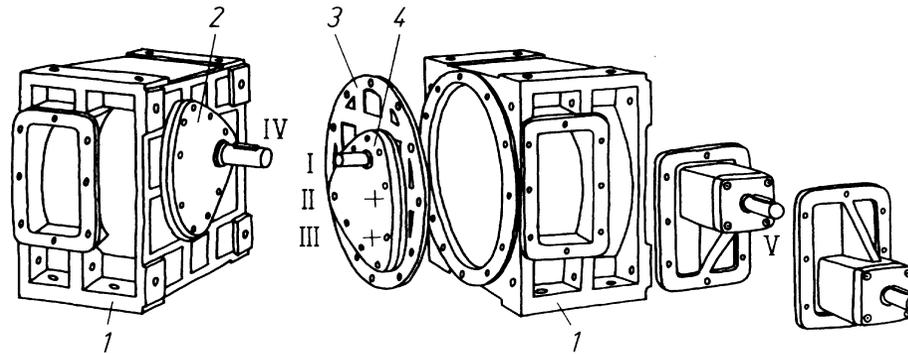
Baureihe: Hochdruck-Zahnradpumpen



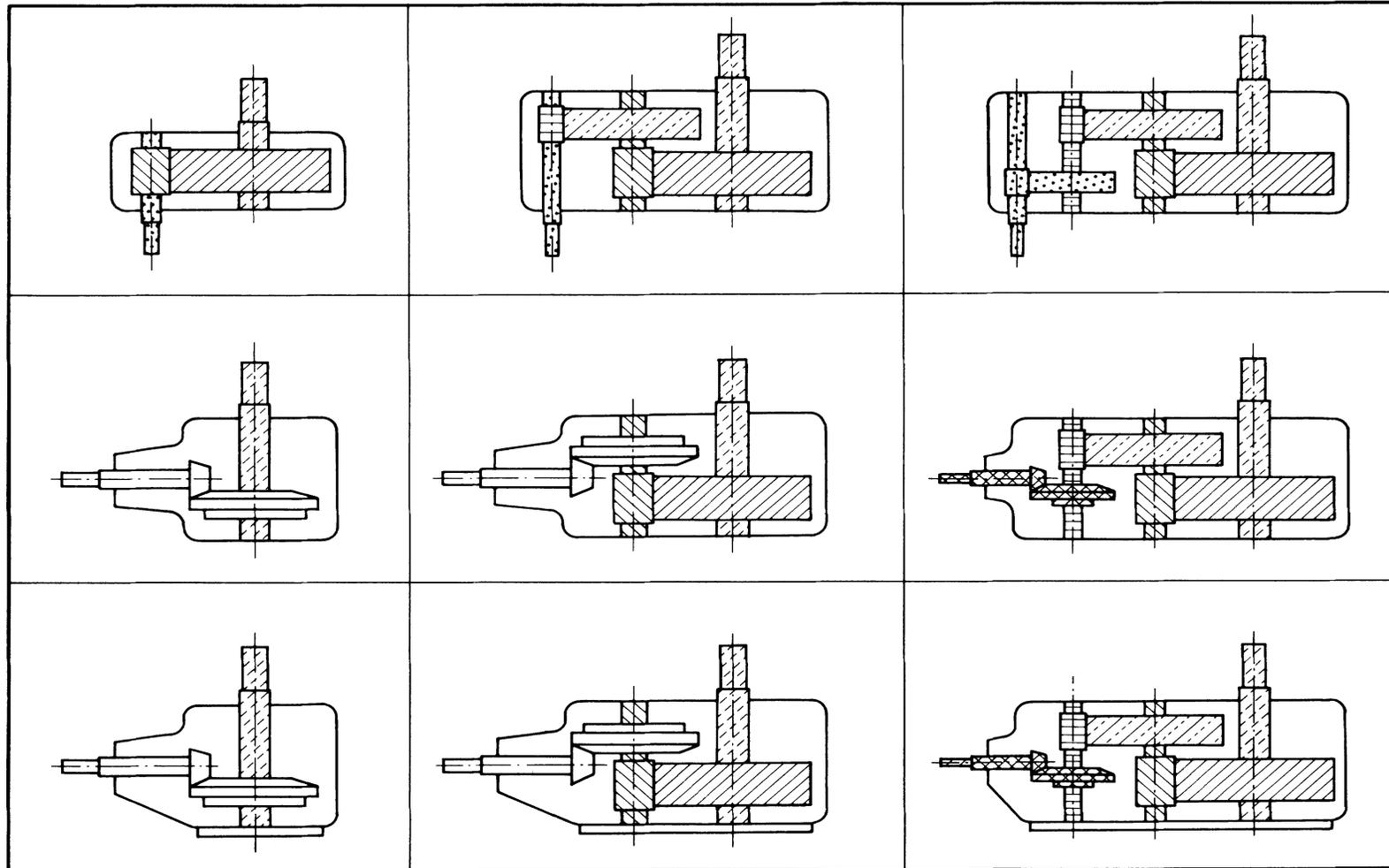
Baukasten: Funktions- und Bausteinarten



Baukasten: Getriebekasten



Baukasten: Getriebekonstruktion



Baukasten: Straßenbahn

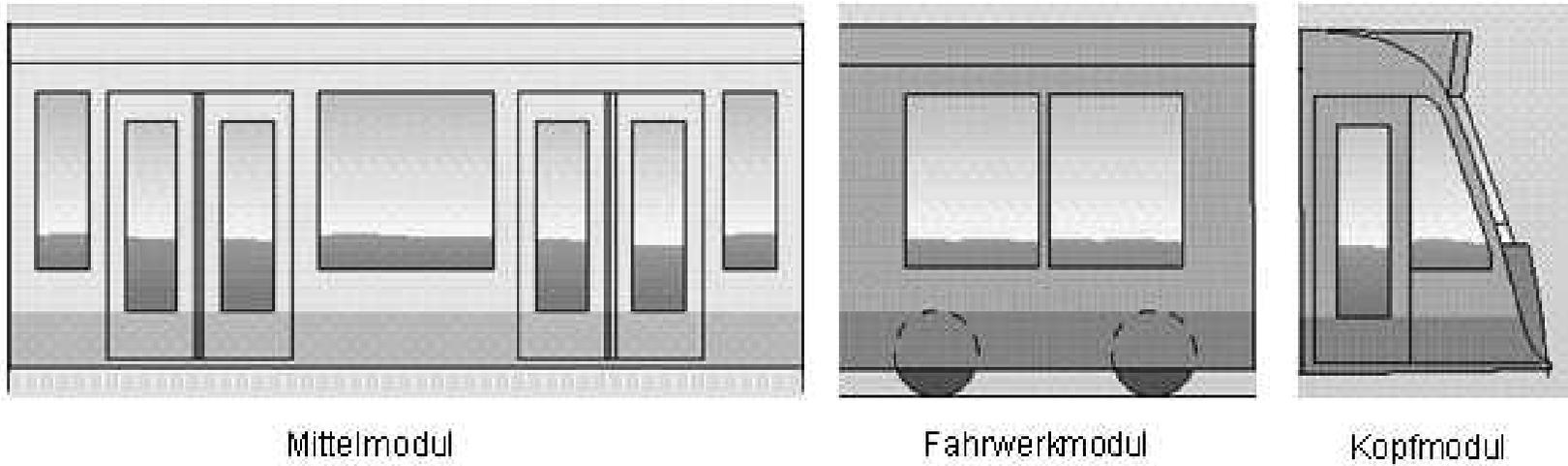


Abb. 10.30: Grundmodule der modularen Straßenbahn COMBINO®