

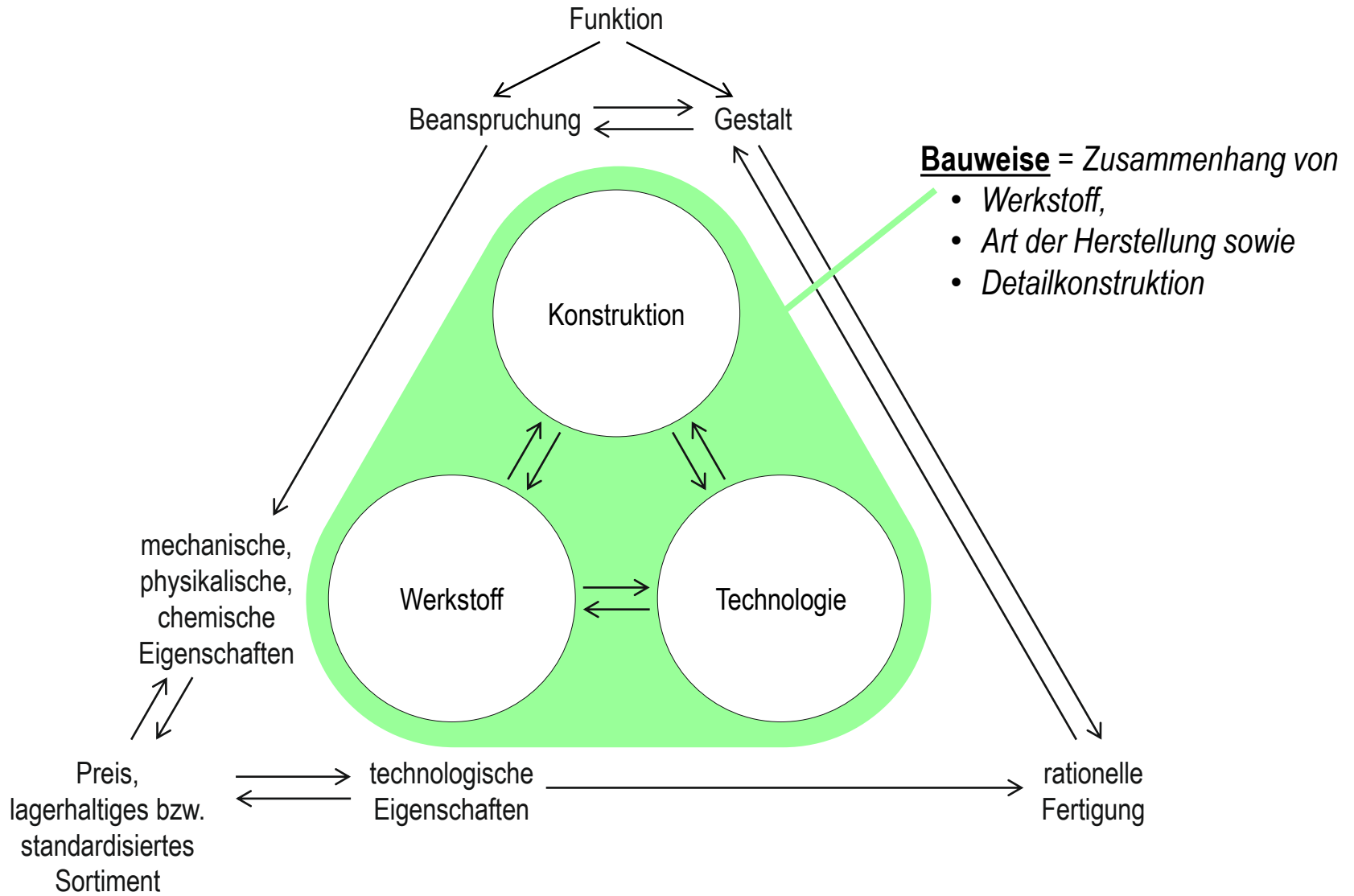
- 2.0. Einleitung
- 2.1. Stahl
- 2.2. Aluminium-Legierungen
- 2.3. Faserverbundwerkstoffe
- 2.4. Zusammenfassung

# Folie Wichtige Randbedingungen für die Konstruktion von Schienenfahrzeugen

Randbedingungen						
Geometrische	Betriebs- u. sicherheitstechnische	Technologische	Festigkeitsmäßige	Funktionelle	Instandhaltungstechnische	Umwelt- und kreislaufgerechte
<b>1. Absolute Randbedingungen (Gesetze, Vorschriften ← von Aufsichtsbehörde abgenommen)</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hauptabmessungen</li> <li>Vorgeschriebene Abmessungen für Elemente</li> <li>Einbauräume / Anordnung Zug- und Stoßeinrichtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lastannahmen</li> <li><b>Brandschutzvorschriften</b></li> <li>Vorgeschriebene Anordnung von Freiräumen, Tritten, Bedienelementen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grenzen der Herstellungsgenauigkeit</li> <li><b>Verarbeitbarkeit der Werkstoffe</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Festigkeit/Steifigkeit</b></li> <li><b>Durchbiegung</b></li> <li><b>Verwindungssteifigkeit</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standsicherheit</li> <li>Anlenkung / freie Beweglichkeit der Fahrwerke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestaltung Anhebestellen für Hebezeuge und Fördermittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Umweltbedingungen</b></li> <li><b>Umwelt-/Gesundheits-/Arbeitsschutz</b></li> <li><b>Vorschriften zur Entsorgung</b></li> <li><b>Recyclingfreundliche Werkstoffauswahl</b></li> </ul>
<b>2a. Bauartspezifische Randbedingungen (Sicherstellung bauartspezifische Funktion)</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einhalten Ladelängen, -breiten, -höhen</li> <li>Abmessungen von Türen, Klappen, ...</li> <li>Gestaltung Fahrgast- bzw. Laderäume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bauartspezifische Sicherheitsvorschriften</li> <li>Festlegeeinrichtungen für Ladegut</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Einleitung bauartspezifischer Belastungen</li> <li>Bahnfestigkeit</li> <li><b>Zweckmäßiger Werkstoffeinsatz</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sicherung einwandfreie Funktion bauartspezifischer Ausrüstungsteile u. Bedienelemente</li> <li><b>Isolierung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zugänglichkeit</li> <li>Beibehalten bewährter Bauarten</li> </ul>	
<b>2b. Serienabhängige Randbedingungen</b>						
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Abmessungsbegrenzungen von Bauteilen zur Nutzung vorhandener Maschinen und Vorrichtungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Auswahl der Werkstoffe und Halbzeuge</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Verwendung von Standard- bzw. Normteilen</li> <li>Einpassung in technologischen Fluss</li> </ul>	
<b>3. Bedingte Randbedingungen (Stand der Technik, Wünsche, ...)</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimierte Platzverhältnisse</li> <li><b>Design</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Zugänglichkeit für Füge-technologien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Einhaltung der Leichtbauprinzipien</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reinigungsfreundlichkeit</li> <li>Komfort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Korrosionsschutzgerechte Konstruktion</b></li> <li>Vandalismusresistenz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ökologische Zukunftskonzepte</b></li> <li>Wirtschaftlichkeit</li> </ul>

(Quelle: nach Fachwissen des Ingenieurs, Bd.8)

# Folie Werkstoffauswahl als Einheit von Konstruktion, Technologie und Werkstoff



(Quelle: nach Gerhard; Meyer; Altenburg: ETR 51(2002)1/2)



- Ressourcen, Kosten  
→ *Weniger Gewicht = Leichtbau*
- Niedrige Preise  
→ *Kostengünstige Fertigung*
- Oft geringe Stückzahlen pro Auftrag  
→ *Weniger Aufwand = Modulbaukasten, Plattformkonzepte*
- Individuelle Komponenten  
→ *Hohe Flexibilität*
- Wertschöpfung im Betreiberland (Local Content)  
→ *Robuste Technologien, Modularer Aufbau*

**→ Fokus: Geringe Kosten bei hoher Flexibilität**

*(Quelle: nach Nickel - Faserverbundbauweisen für den Next Generation Train, 2009)*

# Folie Werkstoffeigenschaften

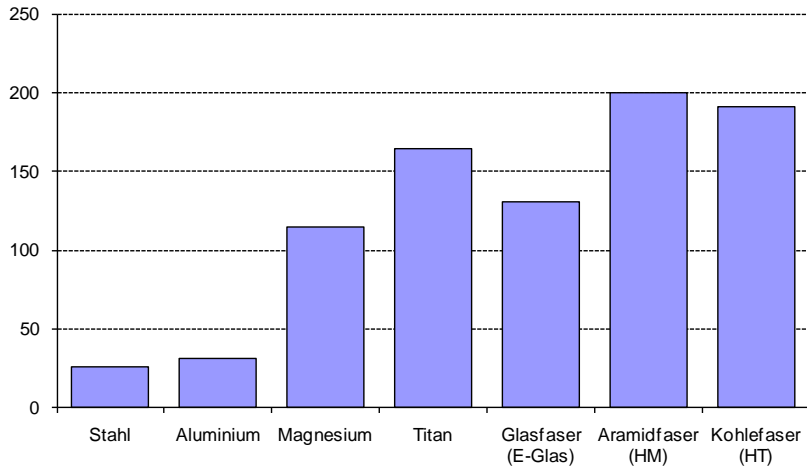
---

- Grunddaten:
  - Werkstoffgruppe, Werkstoffname, Werkstoffnummer, Werkstoffnorm, chemische Zusammensetzung, Elastizitätsmodul, Verbundwerkstoff, Halbzeug, Sicherheitsdatenblatt (Betriebsanweisungen), Besonderheiten: Arbeitsschutz, Lagerung u. ä.
- Gebrauchseigenschaften: richtungsabhängig, temperaturabhängig
  - Dichte, Nennmaße, Masse, Reibwert
  - Spannungs-Dehnungs-Verhalten, Kriechverhalten:
    - E-Modul, Proportionalitätsgrenze, Bruchgrenze, Brucharbeit, Kerbschlagzähigkeit, Kriechfähigkeit, Ausdehnungskoeffizient
  - Festigkeiten:
    - Dauerfestigkeit, Verschleißfestigkeit, Zug-Druck-Festigkeit, Schubwechselfestigkeit, Biegewechselfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung
  - Leitungs- bzw. Isolationseigenschaften:
    - spezifischer elektrischer Widerstand, Magnetisierungseigenschaften, spezifische Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität, Temperaturkoeffizient, Lärm und Schwingungen
  - Resistenzen:
    - gegenüber Licht, Wasser, Wasserdampf, Öl, Fett, Benzin, Graffiti, Korrosion, Alterung, Reinigerchemie
- Herstellungseigenschaften:
  - Fügeverfahren und –eigenschaften, Schweißbarkeit, Formgebungsmöglichkeiten, Wärmebehandlung, Umformbarkeit (Biegen, Abkanten), Kompatibilität mit anderen Werkstoffen, Farbgebungsnotwendigkeit, -aufwand
- Sicherheitseigenschaften:
  - Verformungs-Bruch-Verhalten (Crash-Verhalten), Brennbarkeit, Rückfallebenen bei Ausfall, Toxizität, Vandalismusresistenz
- Instandhaltungseigenschaften:
  - Austauschbarkeit, Instandhaltbarkeit, Trennbarkeit, Richtbarkeit, Aufarbeitbarkeit zur Weiterverwendung
- Kreislaufeigenschaften:
  - Wiederverwendung, Weiterverwendbarkeit, Wiederverkaufswert, Recycling
- Umwelteigenschaften:
  - bezüglich Menschen: Verträglichkeit, Emissionen,
  - bezüglich Natur und Umwelt: Schadstoffe, Ausdünstungen

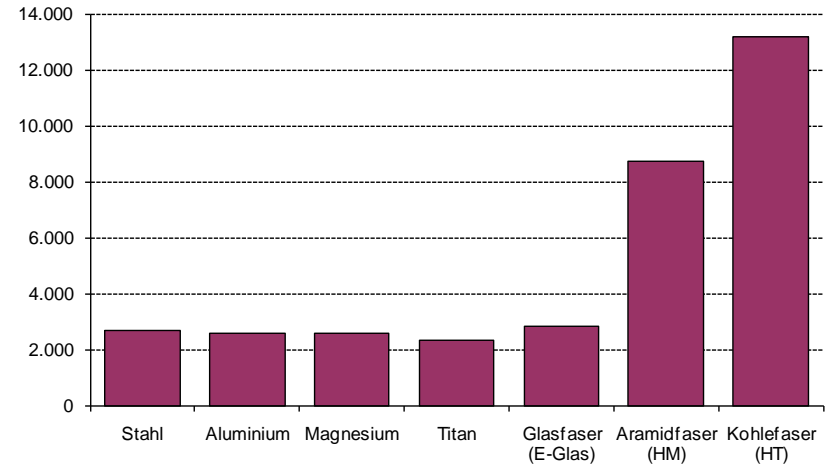
(Quelle: Bahnkreis – Nachhaltiges Wirtschaften am Beispiel eines Schienenfahrzeuges)

# Folie Leichtbaukennziffern

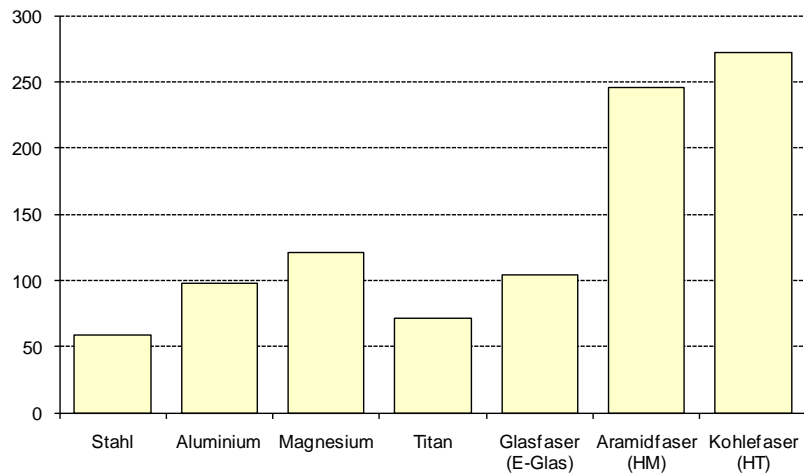
Reißlänge [km]



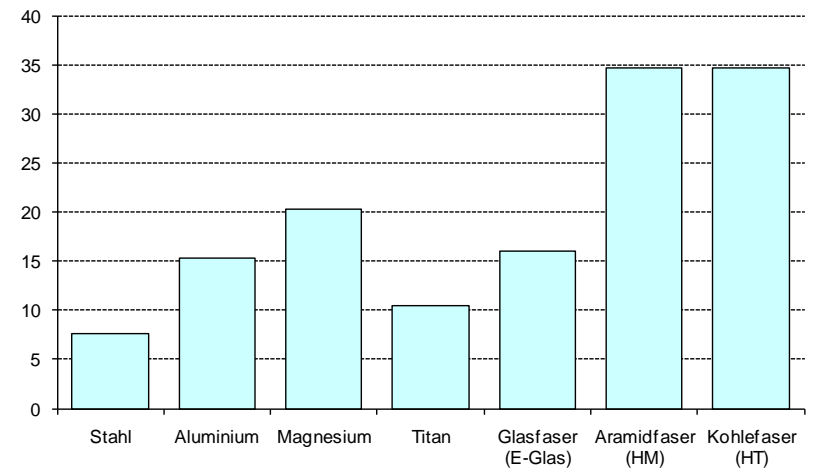
Dehnlänge [km]



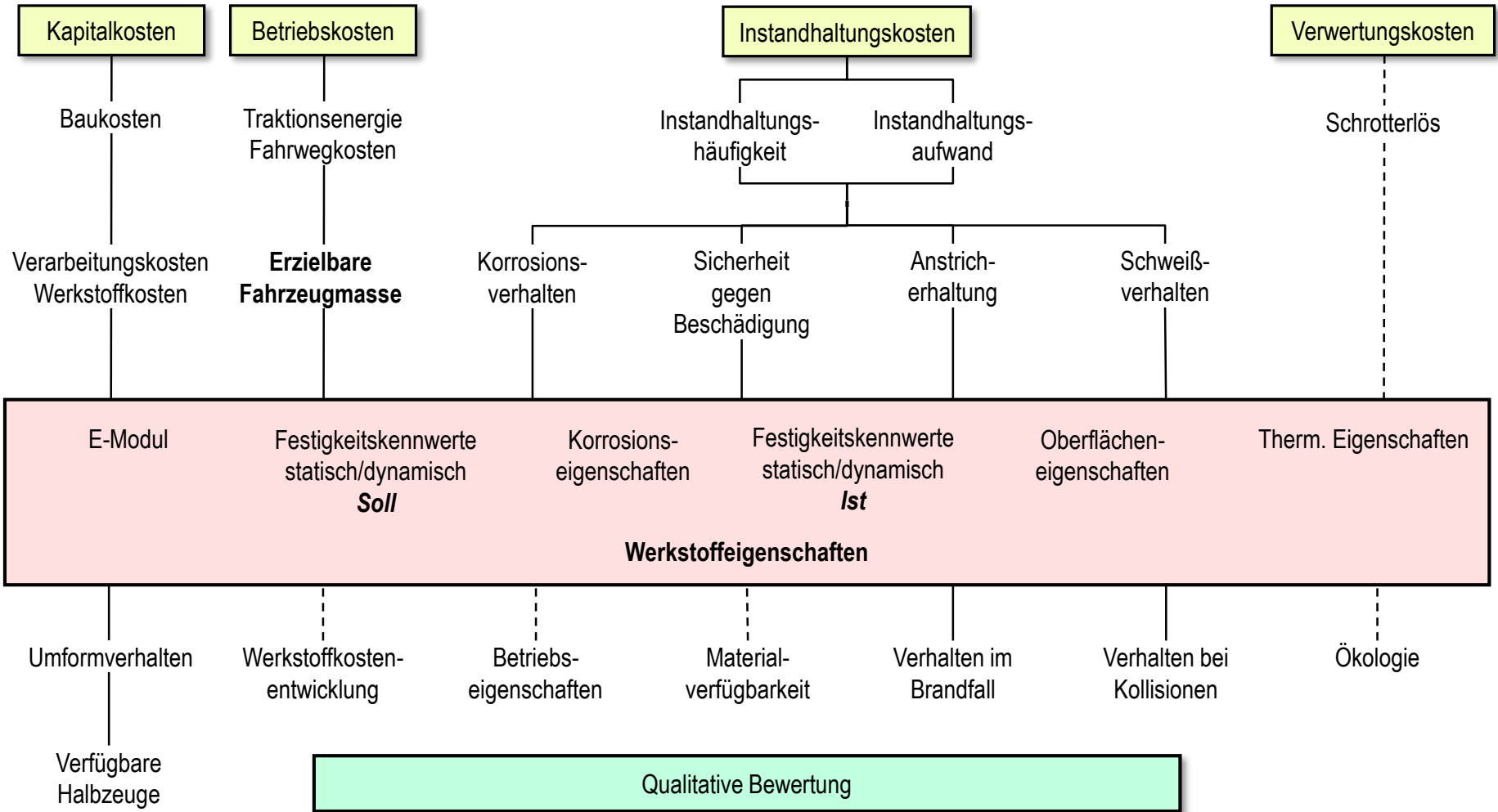
Beulgüte  $[(\text{MPa})^{1/2} \cdot \text{cm}^3/\text{g}]$



Knickgüte  $[(\text{MPa})^{1/3} \cdot \text{cm}^3/\text{g}]$

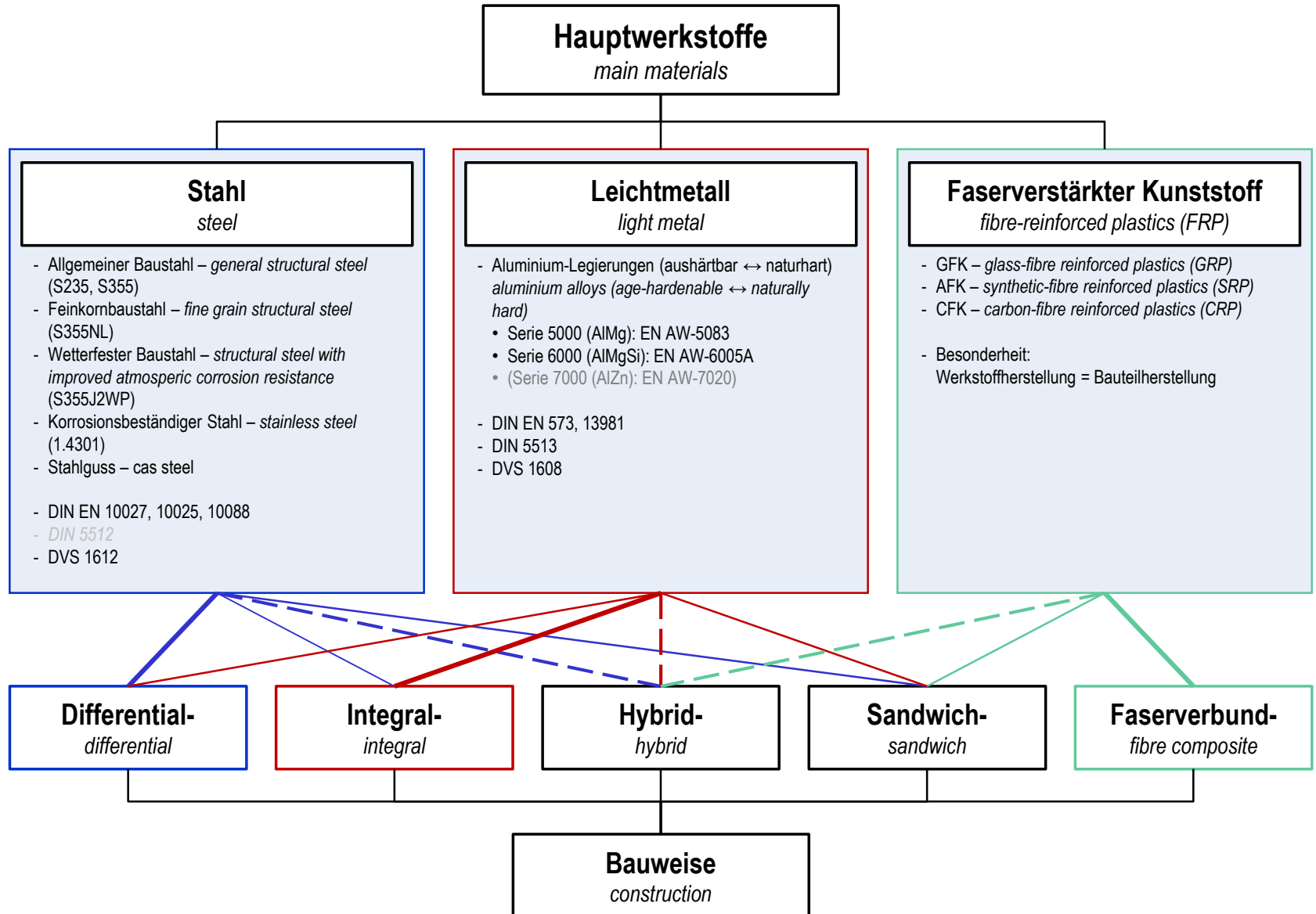


# Folie Beeinflussung der Lebenszykluskosten (LCC) durch Werkstoffeigenschaften

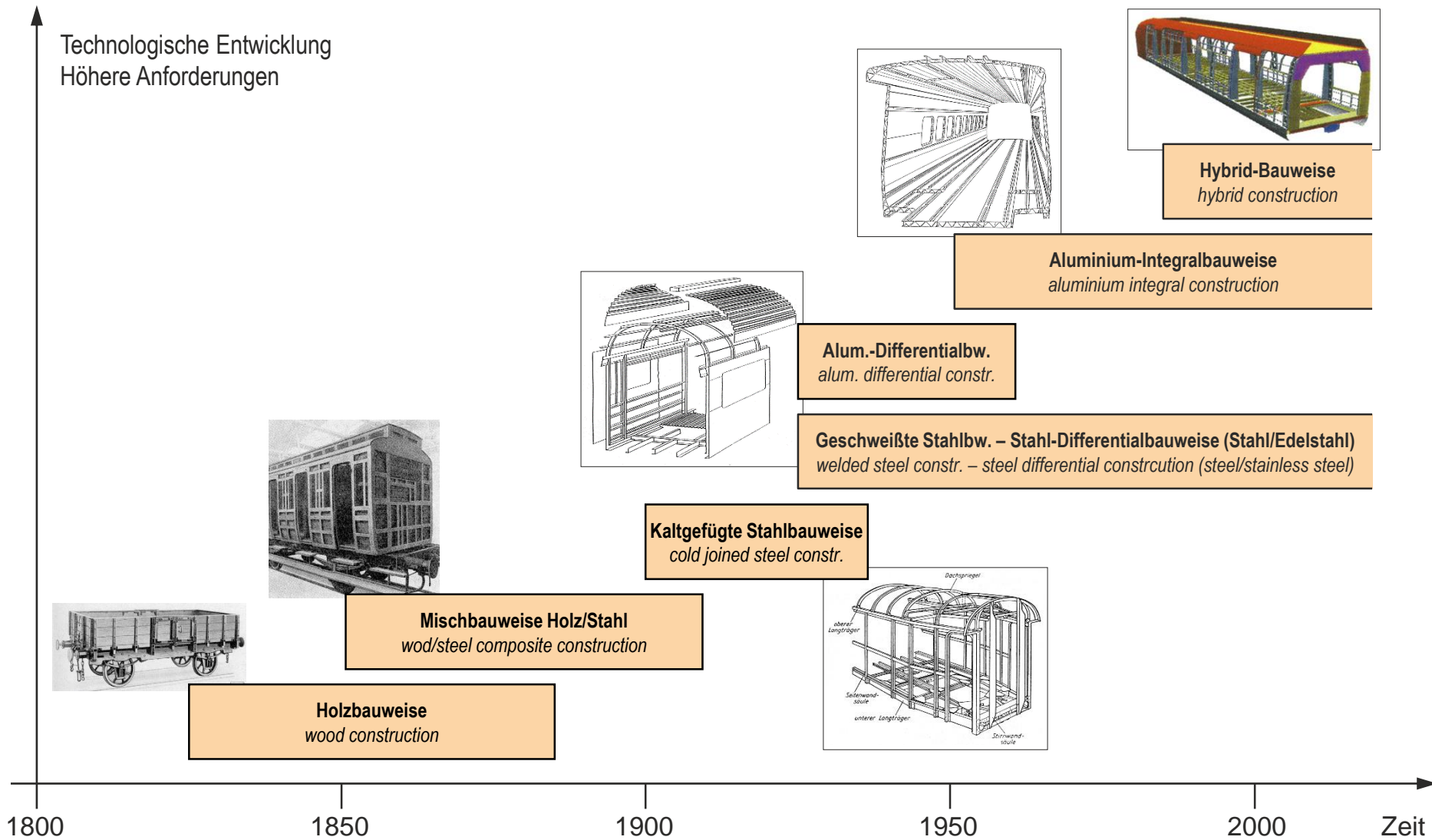


(Quelle: nach Cabos: ETR 41(1992)11)

# Folie Werkstoffe & Bauweisen für Schienenfahrzeugtragwerke



# Folie Bauweisen im zeitlichen Überblick



(Quelle: nach Gerhard, Meyer, Altenburg, ETR 51(2002)1/2)