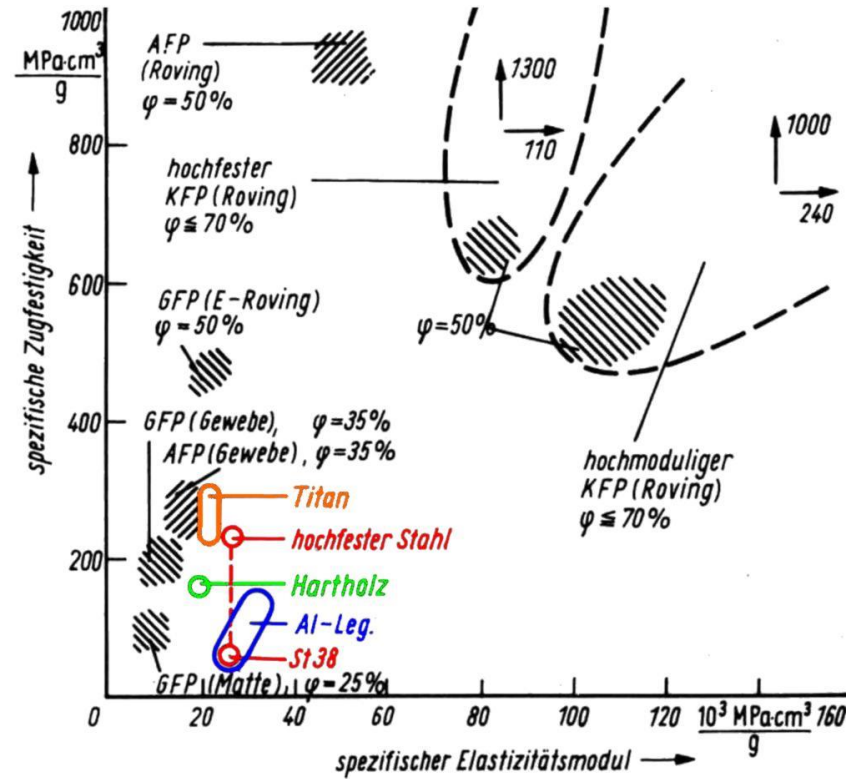
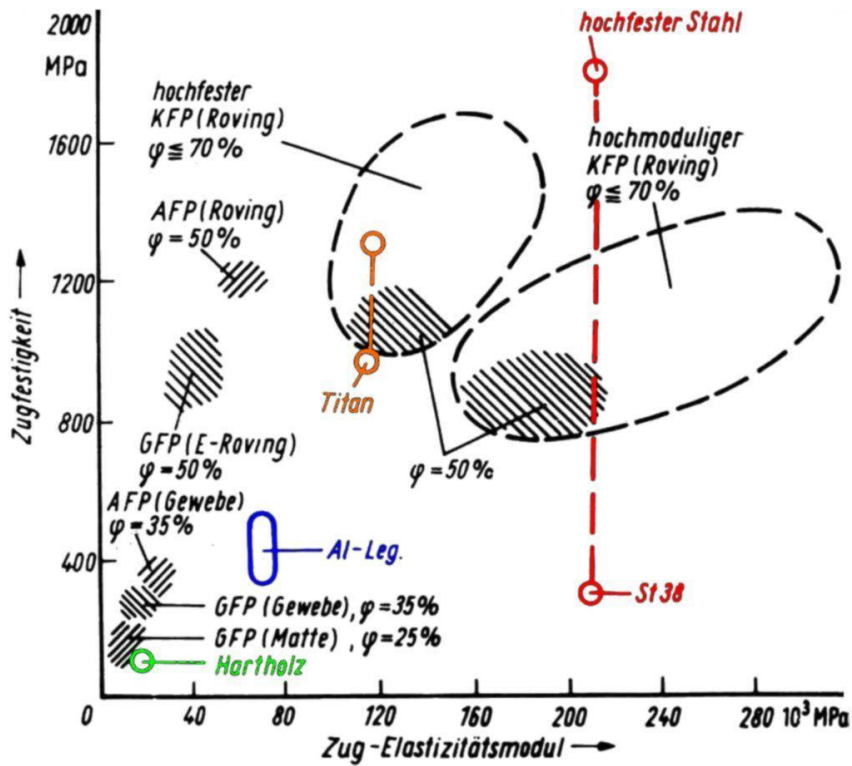
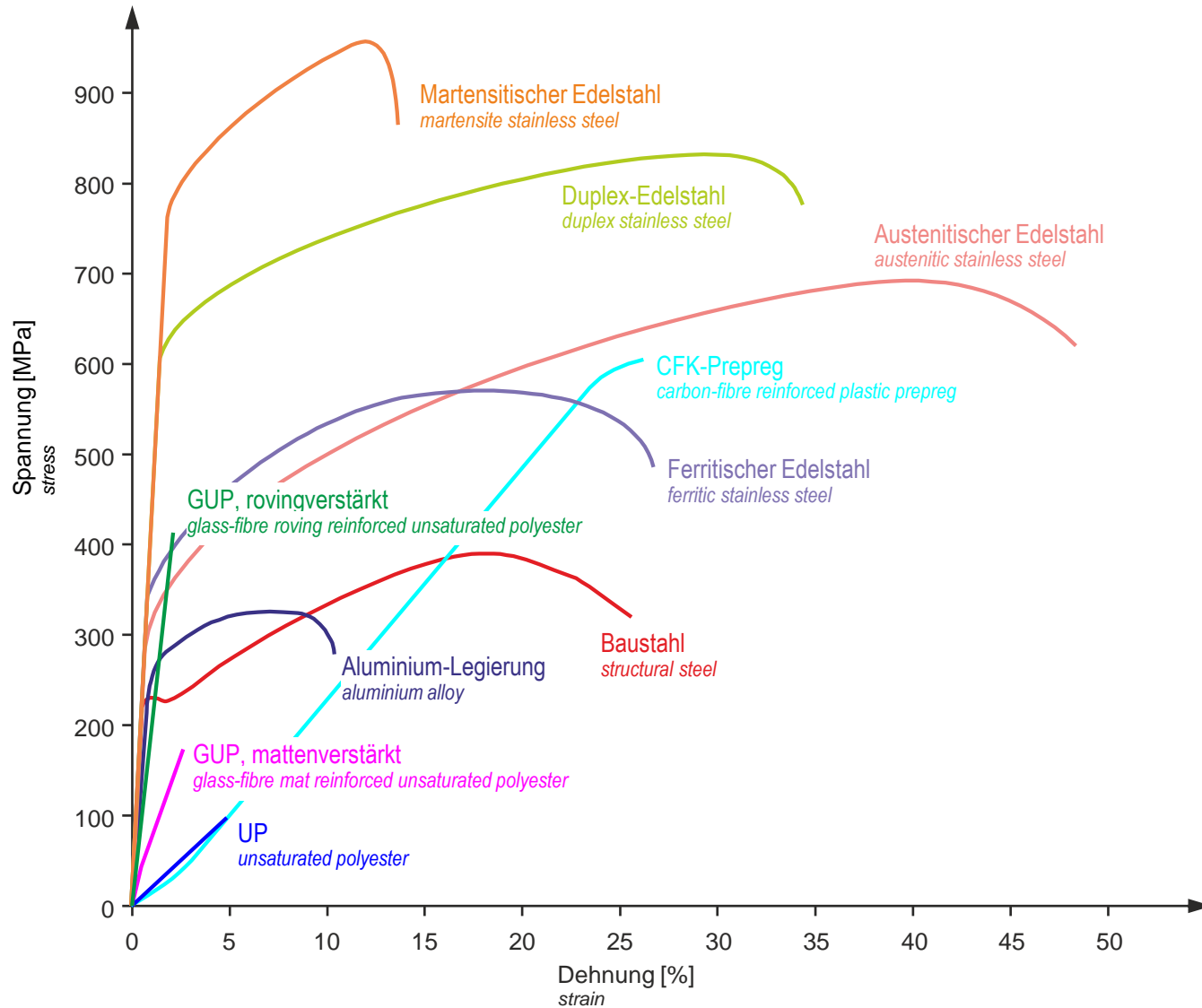


Folie Festigkeiten/Steifigkeiten ausgewählter Werkstoffe



(Quelle: Nowak; Lauck: Maschinentechnik 34(1985)1)

Folie Statische Festigkeitswerte im Vergleich



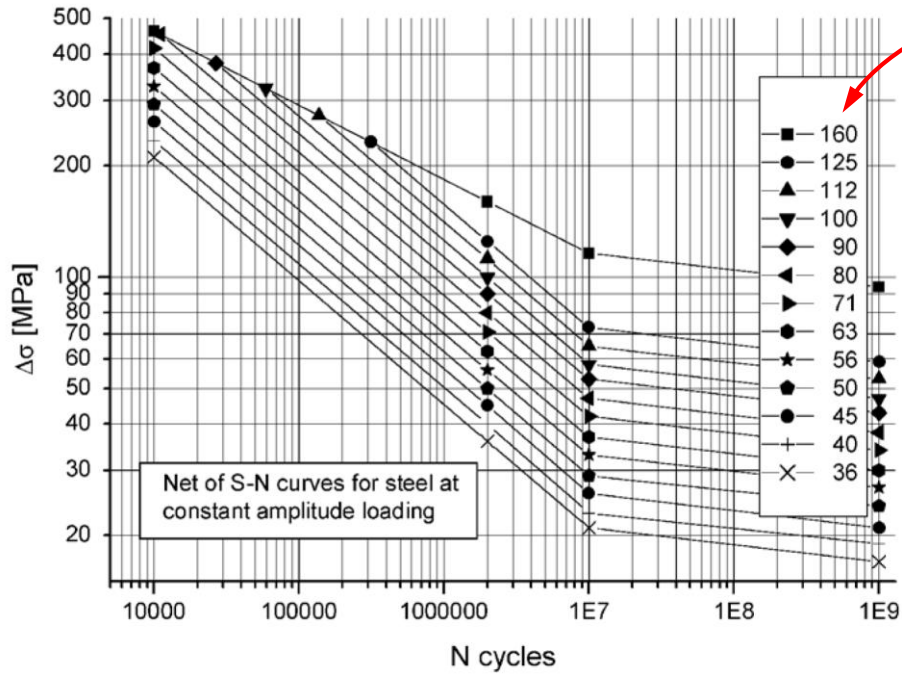


Fig. (3.2)-1:
Fatigue resistance S-N curves for **steel**, normal stress

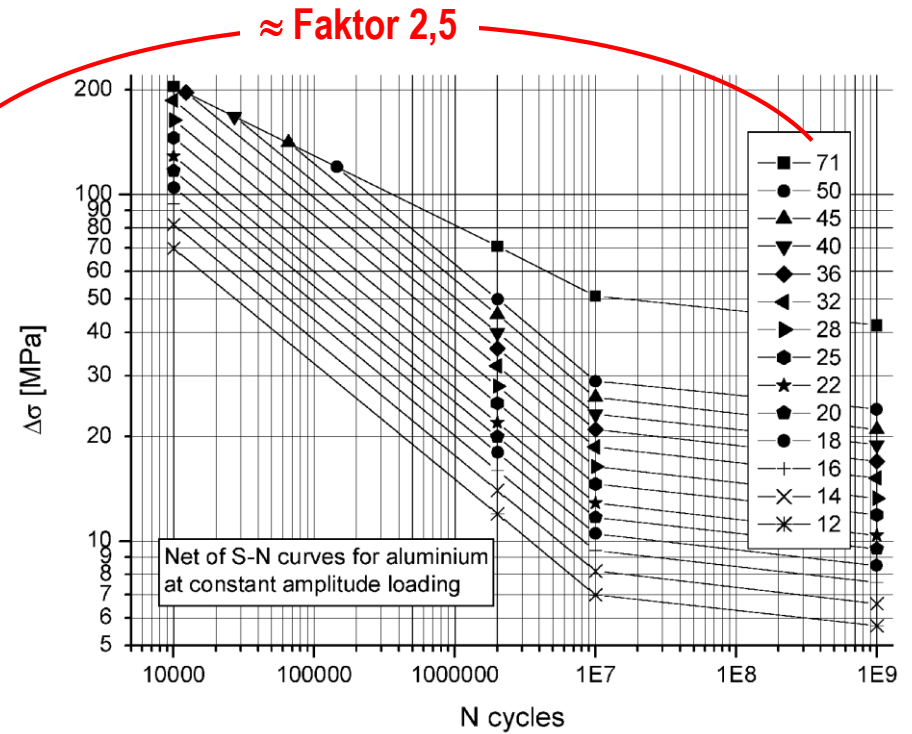
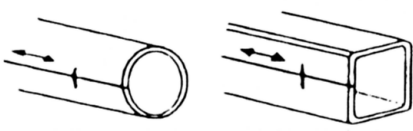
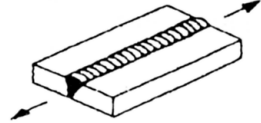
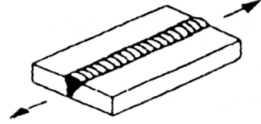
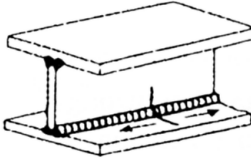


Fig. (3.2)-2:
Fatigue resistance S-N curves for **aluminium**, normal stress

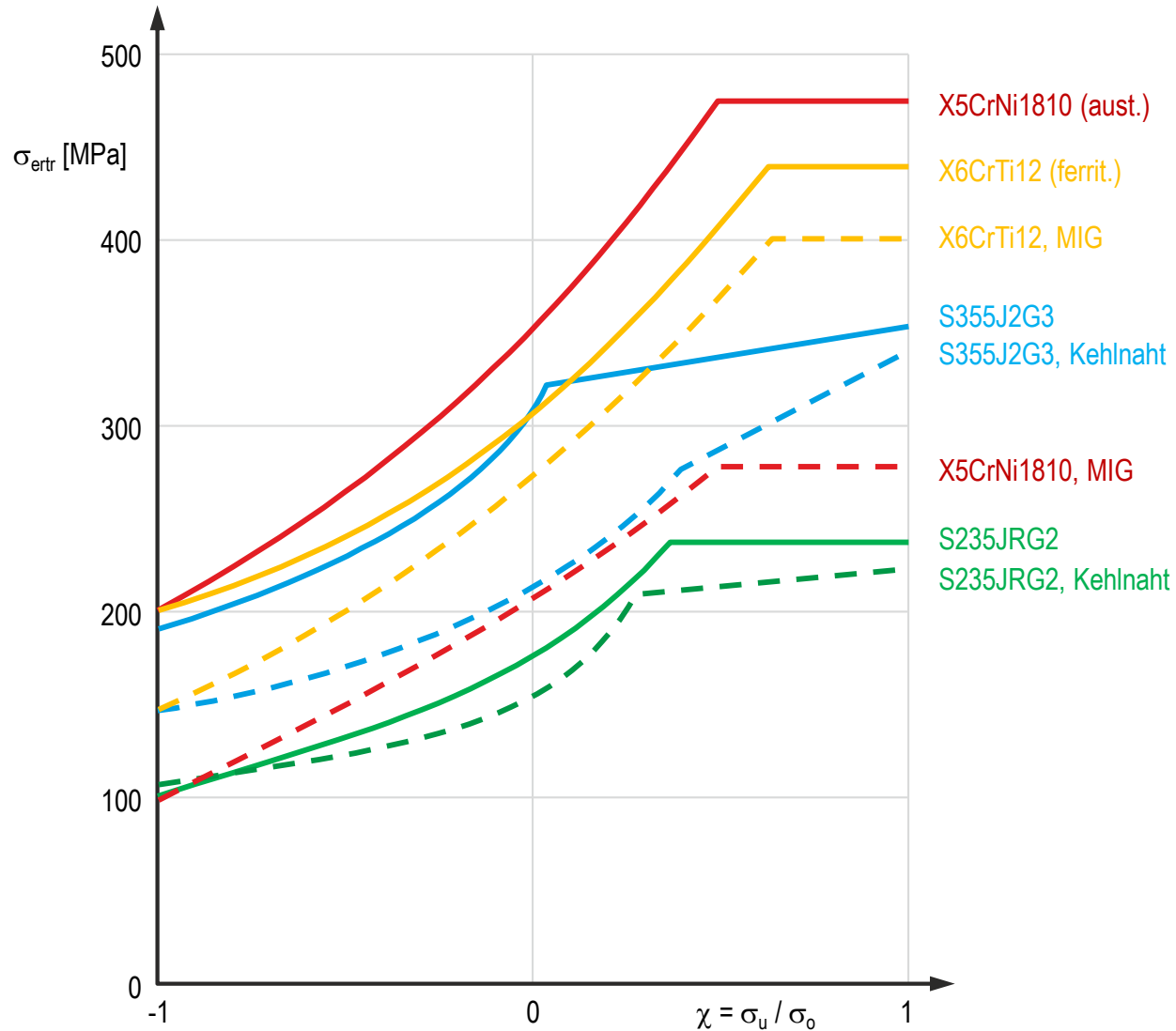
(Quelle: IIW-Empfehlungen, Febr. 2005)

Tabelle 5.4.1 Bauteilklassen für Nennspannung (Normalspannung), Fortsetzung 3 von 10.

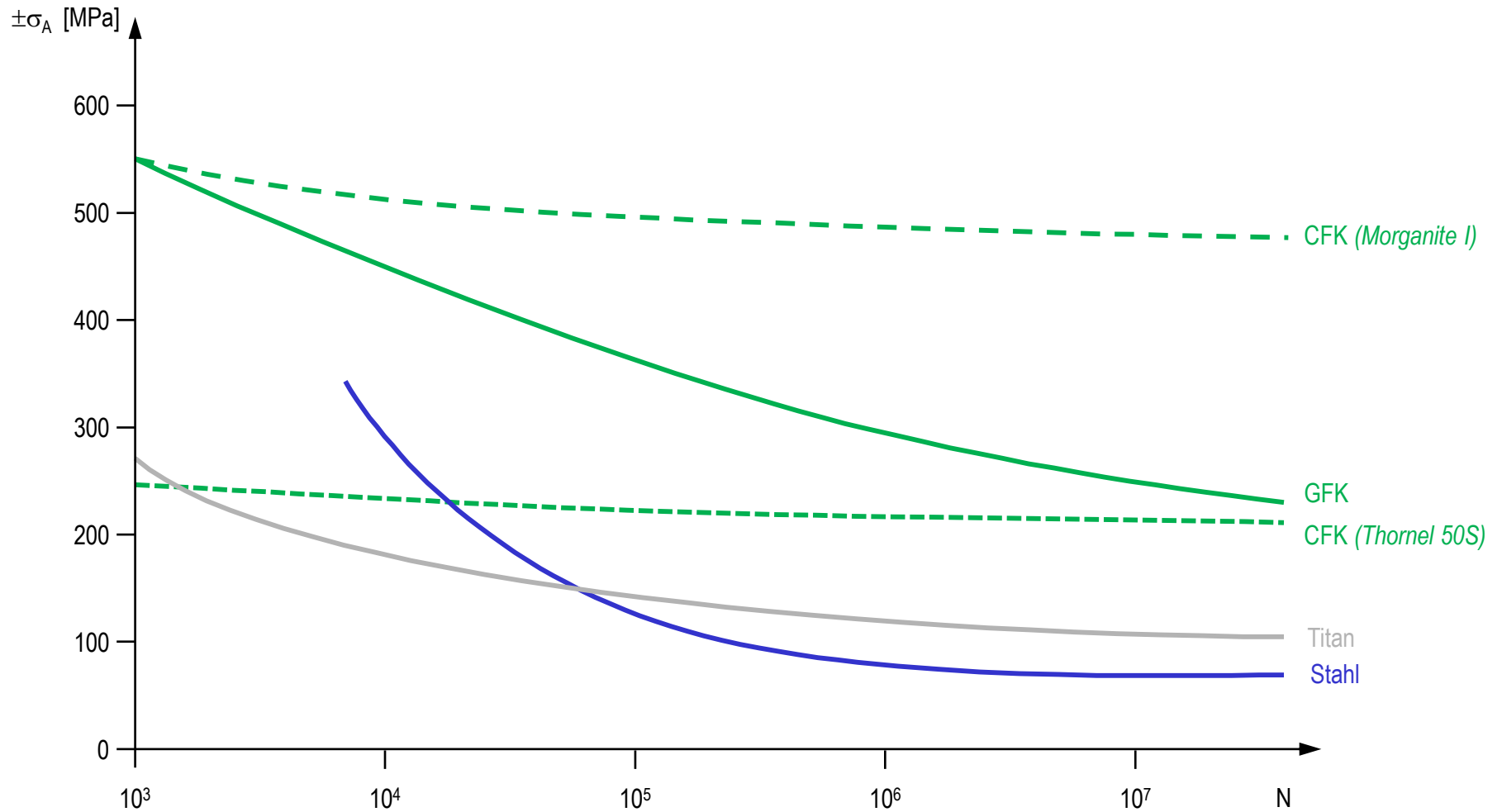
Nr.	Konstruktives Detail	Beschreibung	FAT Stahl	FAT Alu
300	Schweißnähte, längsbelastet			
311		Automatisch geschweißte Längsnaht in Hohlprofilen; ohne Nahtansätze mit Nahtansätzen	125 90	50 36
312		Längsbelastete Stumpfnahtheit, beidseitig blecheben parallel zur Naht bearbeitet, 100 % zFP.	125	50
313		Längsbelastete Stumpfnahtheit; ohne Nahtansätze, zFP mit Nahtansätzen	125 90	45 36
321		Durchlaufende automatisch geschweißte längsbelastete K-Naht, voll durchgeschweißt, ohne Nahtansätze, 100 % zFP, Spannung im Flansch.	125	50

(Quelle: FKM-Richtlinie 2003)

Folie Vergleich unlegierter – hochlegierter Stahl – MKJ-Diagramm



Folie Dauerfestigkeit von Faserverbundwerkstoffen



(Quelle: nach Leo: ZEV Glas. Ann. 112(1988)10)

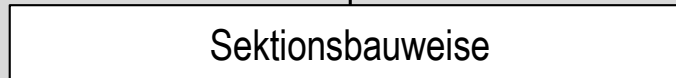
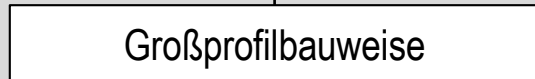
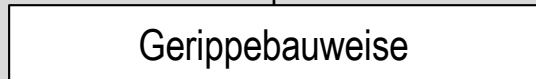
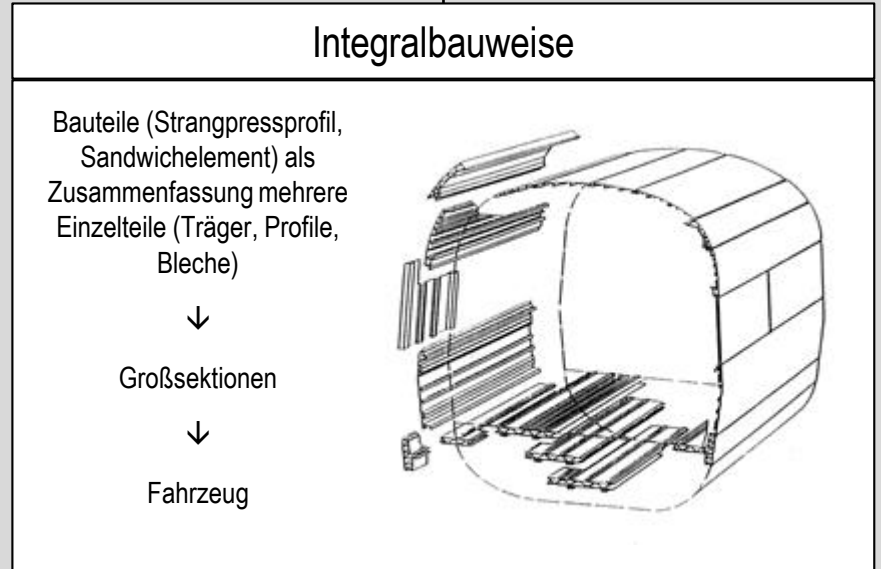
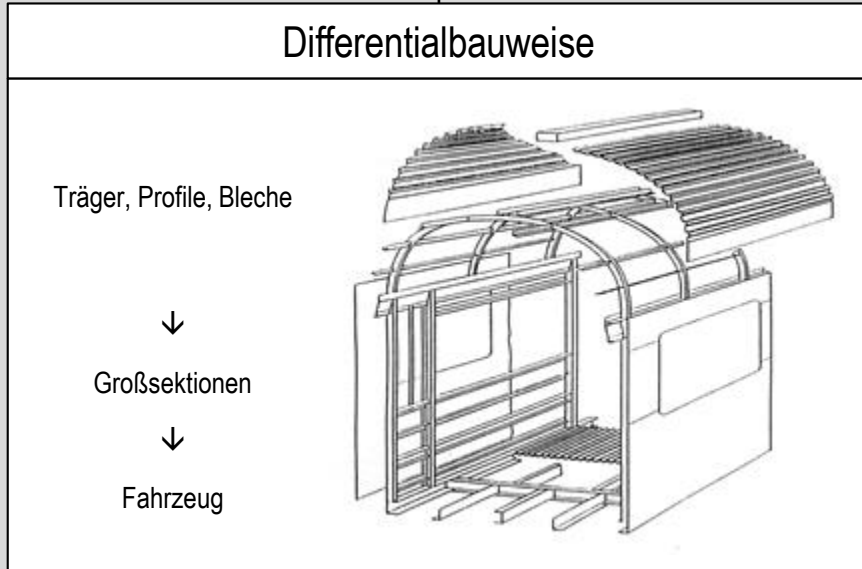
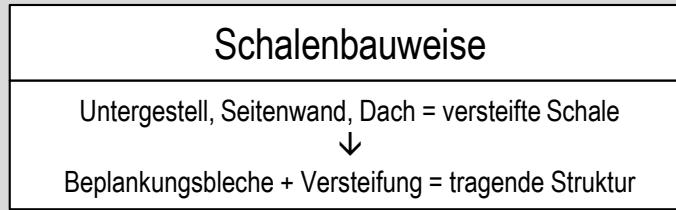
Folie Vergleich grundlegender Eigenschaften von Al und Fe

Eigenschaften		Aluminium	Eisen (Stahl)
Dichte	g/cm ³	2,7	7,87
Kristallgitter		kfz	krz
E-Modul	N/mm ²	70·10 ³	210·10 ³
R _{p0,2} , R _e	N/mm ²	ca. 10	ca. 100
R _m	N/mm ²	ca. 50	ca. 200
spez. Wärmekapazität	J/(g·K)	0,88	0,53
Wärmeleitfähigkeit	W/(cm·K)	2,3	0,75
spez. elektr. Widerstand	nΩm	28-29	97
Ausdehnungskoeffizient	1/K	24·10 ⁻⁶	12·10 ⁻⁶
Schmelzpunkt	°C	660	1.539
Schmelzpunkt der Oxide	°C	2.050 (Al ₂ O ₃)	1.400 (FeO) 1.600 (Fe ₃ O ₄) 1.455 (Fe ₂ O ₃)

Schweißen von Aluminium!!

Folie Differential- und Integralbauweise

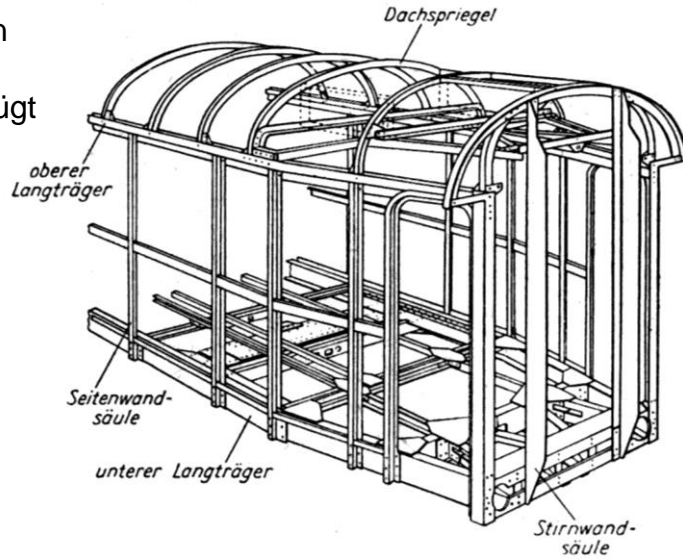
Konstruktion



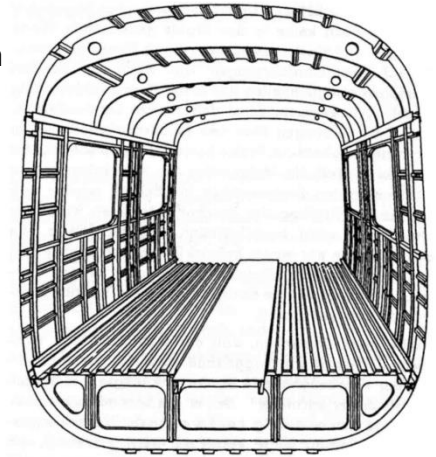
Technologie

Folie Differentialbauweise

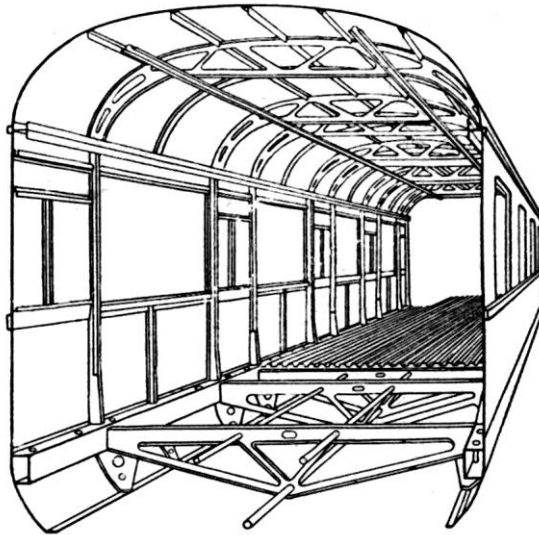
D-Zug-Wagen
(1923):
Stahl, kaltgefgt



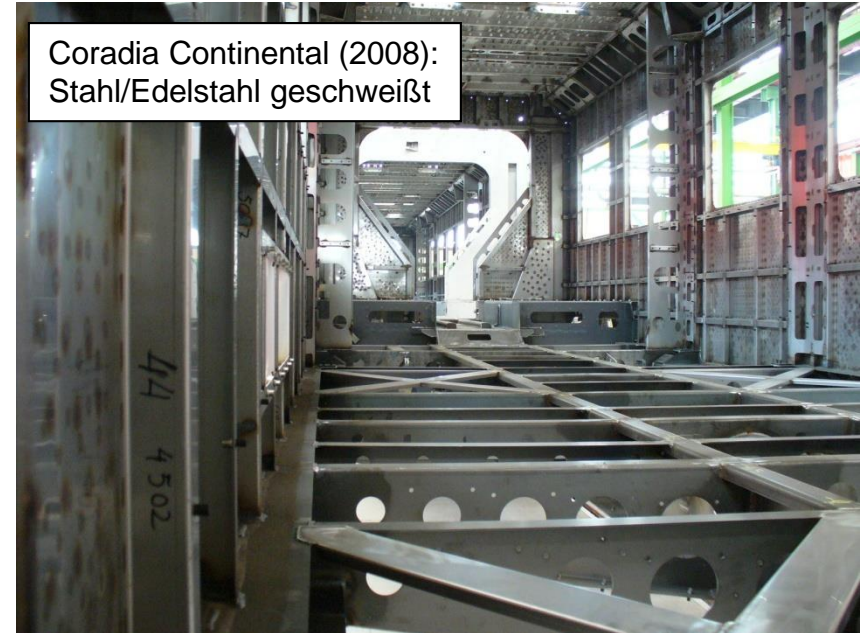
TEE DB (1957):
Mischbauweise Stahl/Aluminium



D-Zug-Wagen
(1942):
Stahl, geschweißt

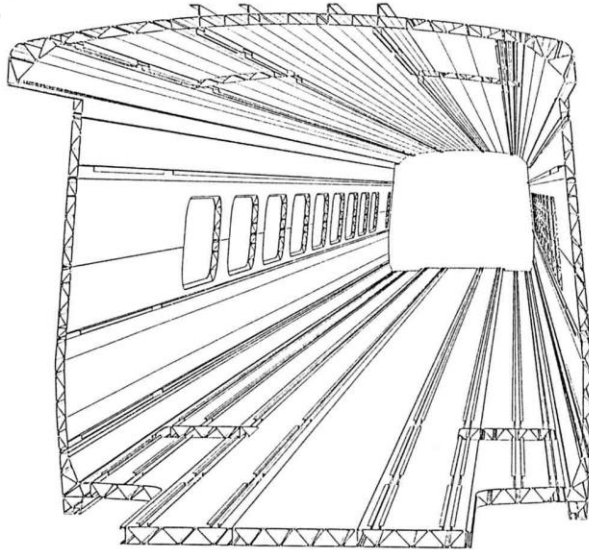


Coradia Continental (2008):
Stahl/Edelstahl geschweißt



Folie Integralbauweise

ETR 460 (Pendolino)
(1993)



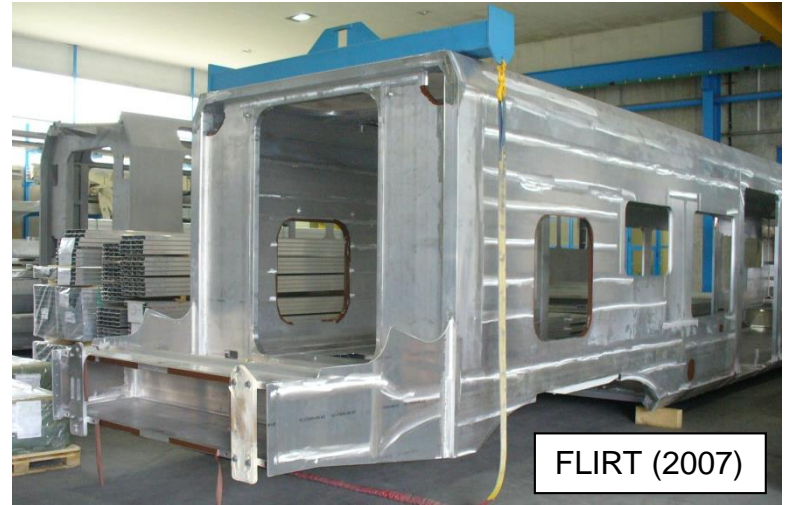
ICE 3 (1999)



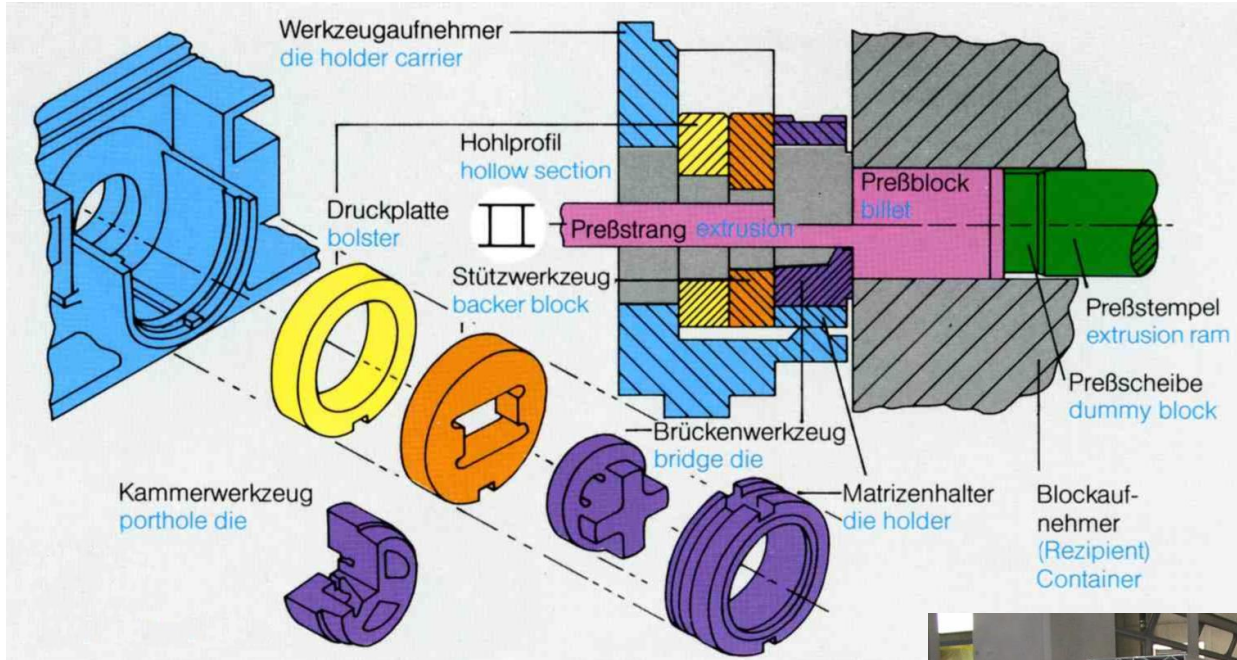
DOSTO RV (2009)



FLIRT (2007)

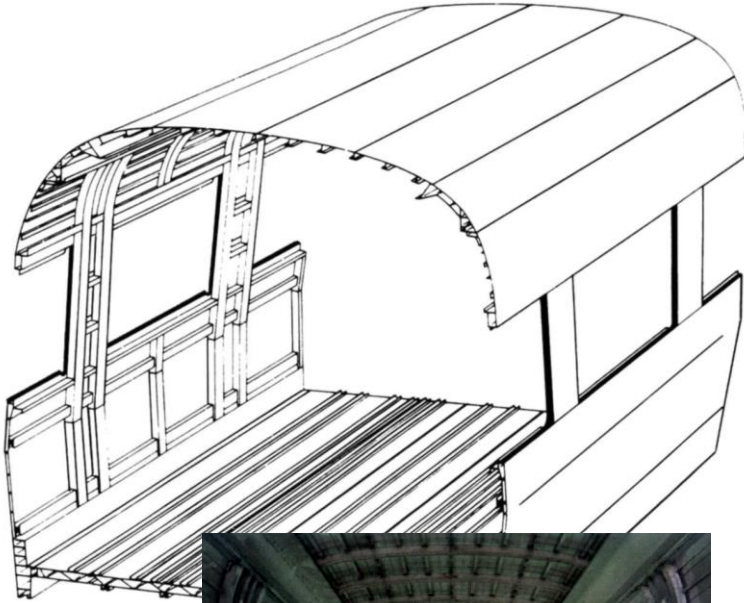


Folie Strangpressprofile

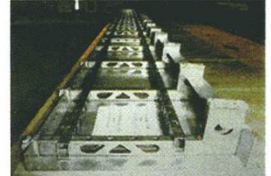
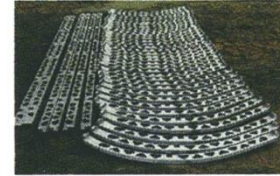
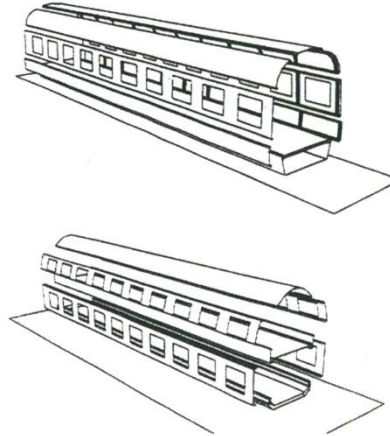


Folie Mischbauweisen

ICE 1 (1991):
Differential-/Integralbauweise

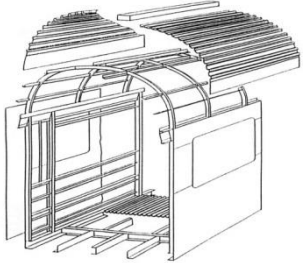
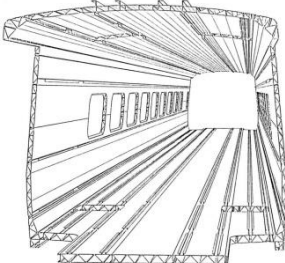
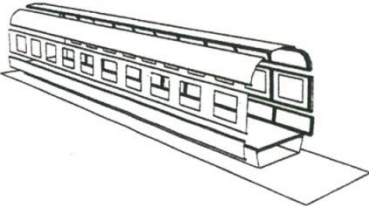
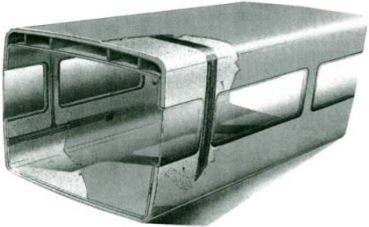


Modulare Hybridbauweise (1999, Altenburg)



Metro Delhi (BT Görlitz, 2008)

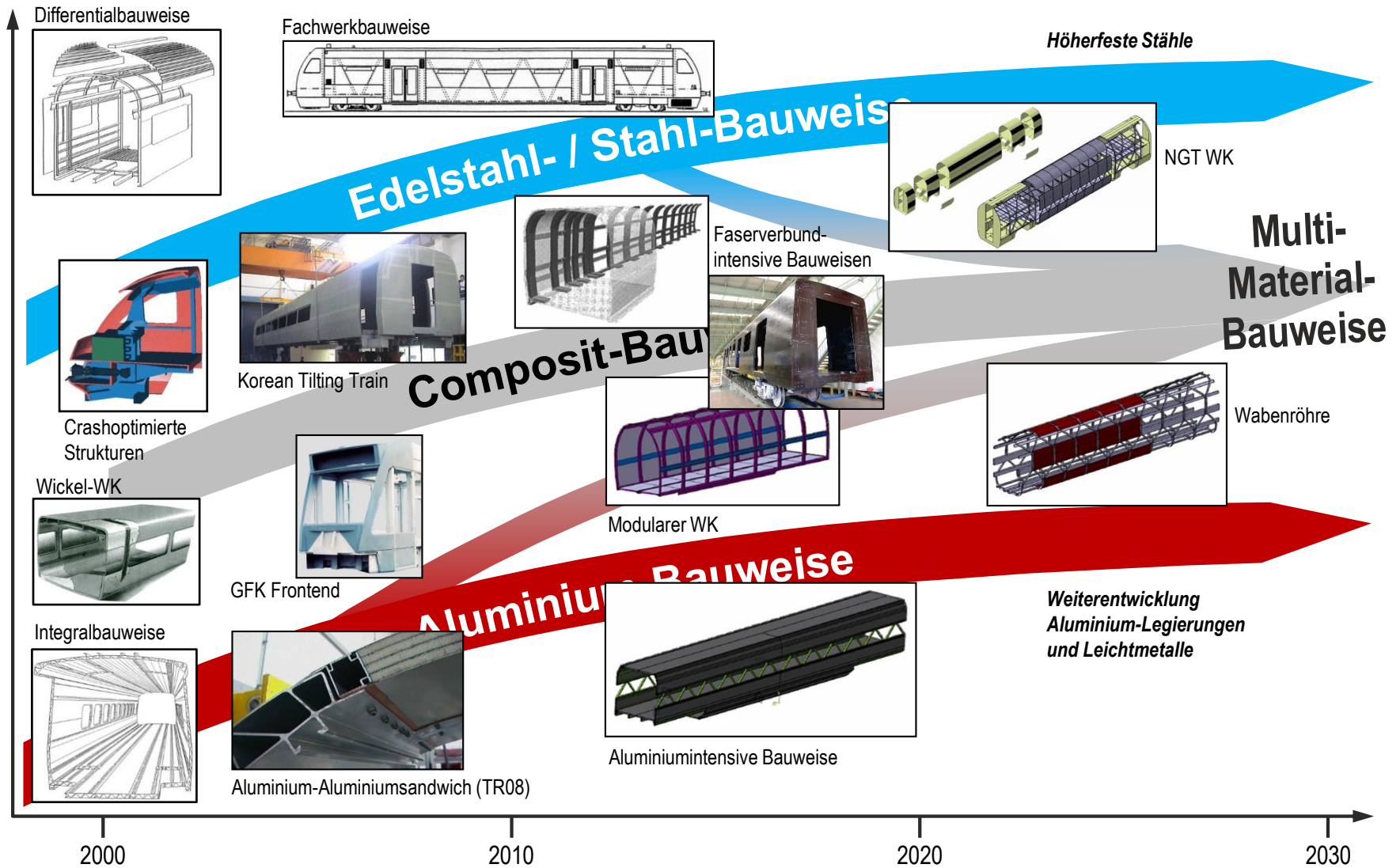
Folie Vergleich von Bauweisen

Geschweißte Differentialbauweise (Stahl, Aluminium)	Geschweißte Integralbauweise (Aluminium)	Modulare Hybridbauweise (Verschiedene Materialien)	Sonderbauweise Wickeltechnologie (Sandwichbauweise) (Faserverstärkte Kunststoffe)
Trägergerippe + Blechverschalung	Kombination Träger + Blech im Strangpressprofil	Funktionale Aufteilung in Groß-Module	Kombination von Tragstruktur, Isolierung und Verschalung
			
Vorteile:			
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr flexibel (Formgebung, Werkstoffe, Fügetechnik, Leichtbau) • Preisgünstige Halbzeuge o. Normteile • Einfache Montage / Demontage 	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Bauelemente: <ul style="list-style-type: none"> - Weniger Fügeaufwand - Stetigere Struktur • Sehr rationelle Fertigung durch <ul style="list-style-type: none"> - Fügegerechte Formgebung - Gute Automatisierbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Flexibilität bei entsprechender Schnittstellendefinition • Sehr rationelle Fertigung <ul style="list-style-type: none"> - Module mit anteiligem Innenausbau - Schnellfügeverfahren - Funktionsintegration - Parallelfertigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Fertigung kompletter Wagenkasten als ein integrales Bauteil <ul style="list-style-type: none"> - Hochproduktiv - Kurze Fertigungszeiten - Fugen-/kantenarm • Optimaler FVW-Leichtbau
Nachteile:			
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhter Fertigungsaufwand (Zuschnitt, Fügen, Montage, Lagerung) → hohe Kosten • Nacharbeit wegen Schweißverzug (Richten, Spachteln, Schweißen) • Belastungsgrenzen wegen Fügstellen (Spannungskonzentration) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kein optimaler Leichtbau (Mindestwanddicken, Profilformen) • Weniger flexibel • Unrentabel bei kleinen Stückzahlen • Probleme bei Instandsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher konzeptioneller Aufwand für Modulbaukasten • Kein optimaler Leichtbau (technologische und konzeptionelle Fügestellen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Flexibilität • Hoher Vorrichtungsaufwand • Nachträgliche Öffnungen problematisch • Schnittstellenprobleme
Hochflexibel ↔ Hoher Aufwand	Sehr rationell ↔ Geringe Flexibilität	Sehr rationell ↔ Hoher Entwicklungsaufwand	Sehr leicht ↔ Geringe Flexibilität, hoher Aufwand

Folie Vergleich Stahl- ↔ Aluminium-Bauweise

	Stahl-Differentialbauweise	Aluminium-Integralbauweise
Leichtbau	+	-
Bombierte Seitenwände	-	++
Eingezogene Wagenenden	-	--
Befestigung von Anbauteilen	+	+
Punktuelle Krafteinleitung	++	-
Gekröpfte Untergestelle	+	-
Korrosion	-	+
Wärmeisolation	-	+

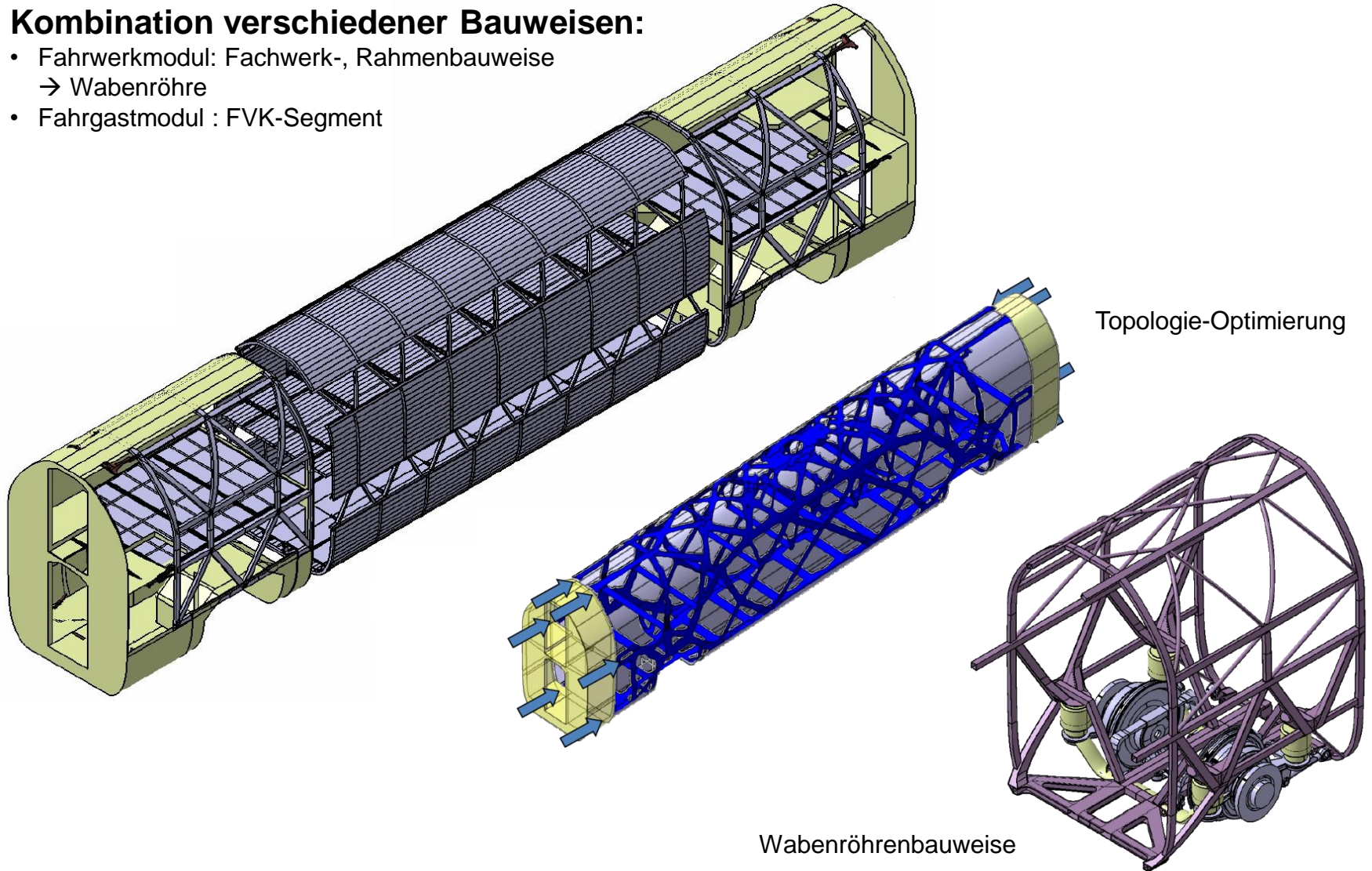
Folie Zukunftskonzepte Leichtbau-Bauweisen



(Quelle: nach Dr. Winter: Neue Bauweisen beim NGT, DLR)

Kombination verschiedener Bauweisen:

- Fahrwerkmodul: Fachwerk-, Rahmenbauweise
→ Wabenröhre
- Fahrgastmodul : FVK-Segment



(Quelle: Dr. Winter: Neue Bauweisen beim NGT, DLR)

- Nennen Sie Anforderungen an Werkstoffe für Schienenfahrzeugtragwerke!
- Welche Werkstoffe werden im Schienenfahrzeugbau eingesetzt? Welche typischen Bauweisen sind mit den Werkstoffen verknüpft?
- Schätzen Sie Stahl, Aluminium und Faserverbundwerkstoffe hinsichtlich der Eignung für die Anwendung im Schienenfahrzeugtragwerk ein!
- Vergleichen Sie die Werkstoffe Stahl und Aluminium anhand der statischen Festigkeiten!
- Welche Vor- und Nachteile bieten Faserverbundwerkstoffe?
- Wie sind Faserverbundwerkstoffe aufgebaut? Welche Aufgaben haben die einzelnen Bestandteile?
- Vergleichen Sie die Festigkeitseigenschaften von Stahl, Aluminium und FVW (qualitativ, Diagramme)!
- Erläutern Sie die typischen Bauweisen von Schienenfahrzeugen aus Stahl und Aluminium!
- Vergleichen Sie Differential-, Integral- und modulare Hybridbauweise!