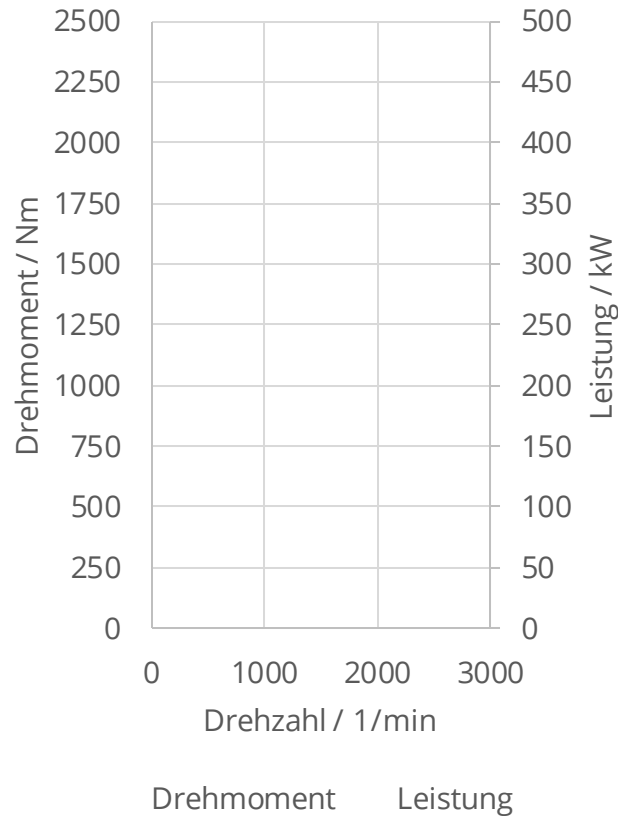


3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

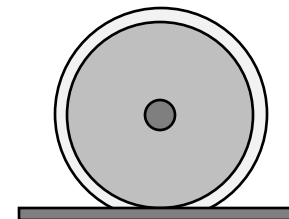
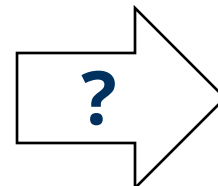
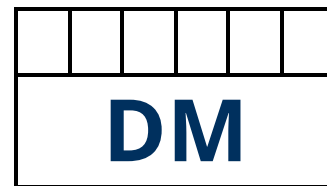
3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten

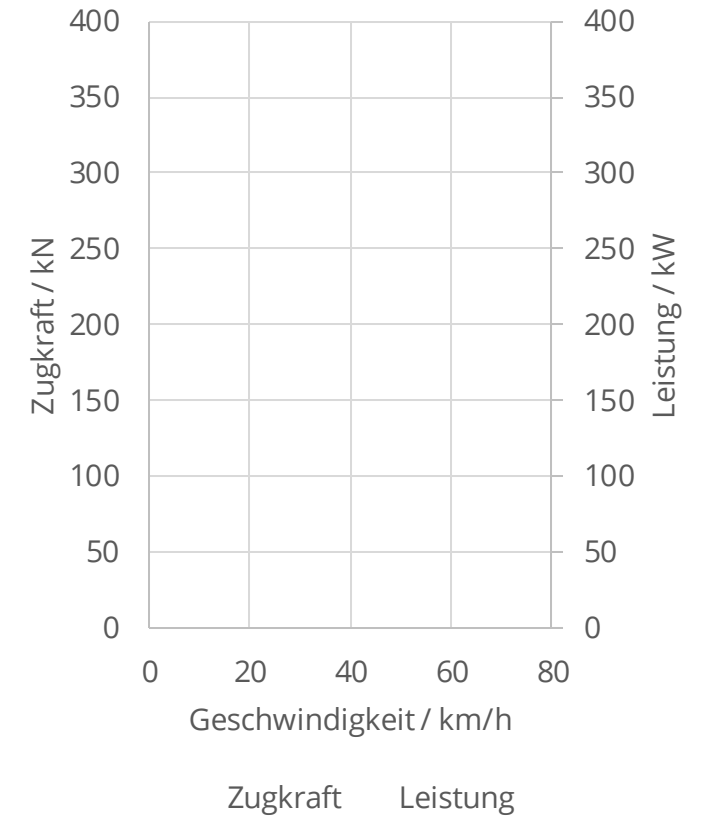
Dieselmotorcharakteristik



Warum eine Leistungsübertragung?



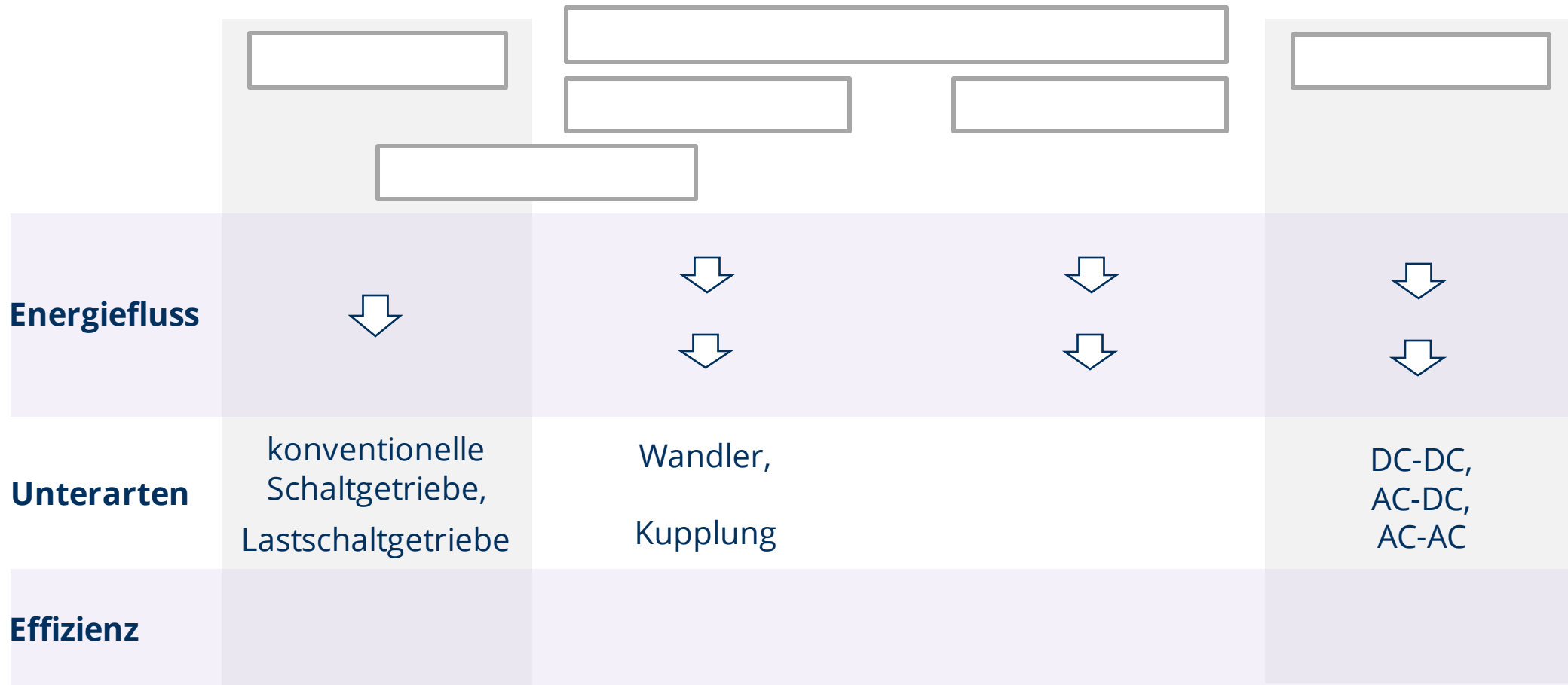
Zugkraftcharakteristik



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten - Mechanische LÜ

Vorteile:

- hoher Wirkungsgrad
- einfacher Aufbau

Nachteile:

- hoher Verschleiß
- Lücken in Zugkraftkennlinie
- nur für kleine Leistungen geeignet

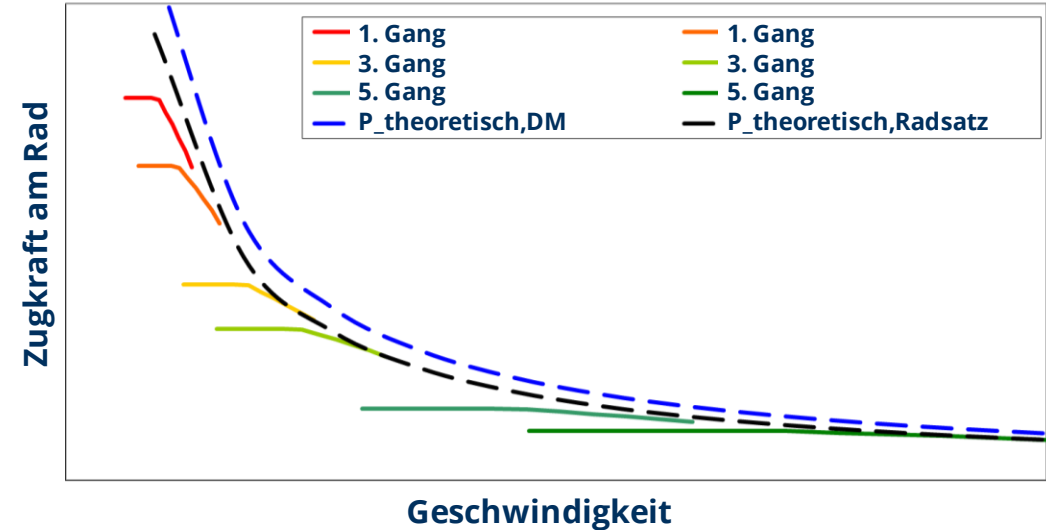
nur noch historische Fahrzeuge



Foto: Martin Kache

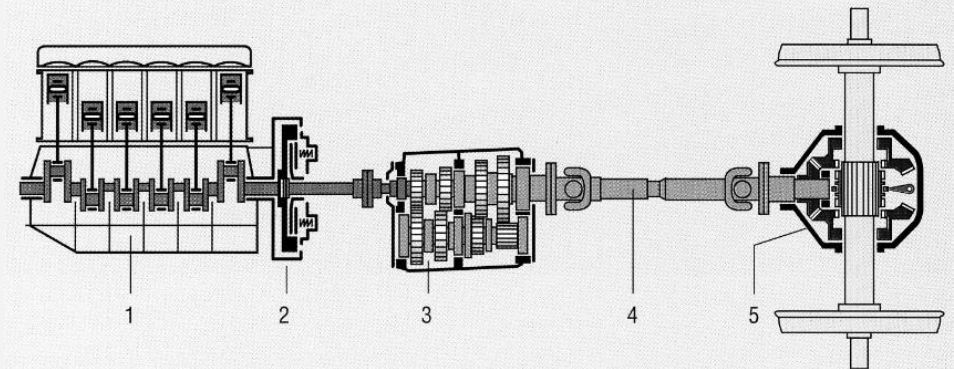
Beispielfahrzeug - Schienenbus

Zugkraft-Charakteristik 6-Gang-Getriebe



typischer Aufbau:

- 1) Dieselmotor
- 2) Kupplung
- 3) Schaltgetriebe
- 4) Gelenkwelle
- 5) Radsatz-
Wendegetriebe



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

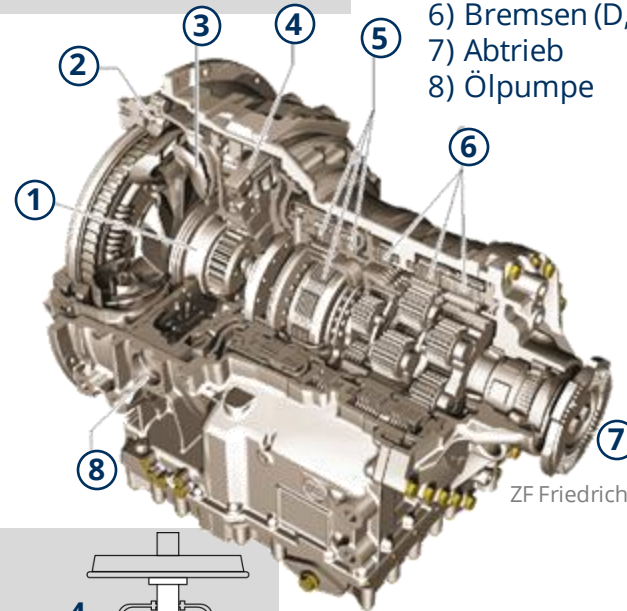
3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten - Hydromechanische LÜ

Vorteile:

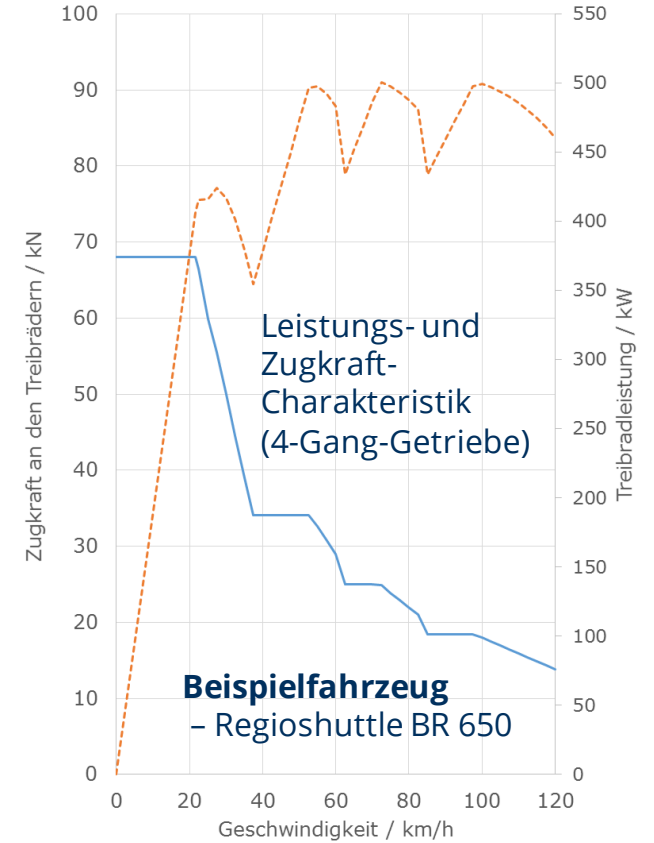
- typische Getriebe:
- ZF Ecomat/EcoLife (s. Bild)
 - Voith DIWA

- 1) Antrieb
- 2) Wandler-Überbrückungskupplung
- 3) Drehmomentwandler
- 4) Retarder
- 5) Kupplungen (A, B, C)
- 6) Bremsen (D, E, F)
- 7) Abtrieb
- 8) Ölpumpe

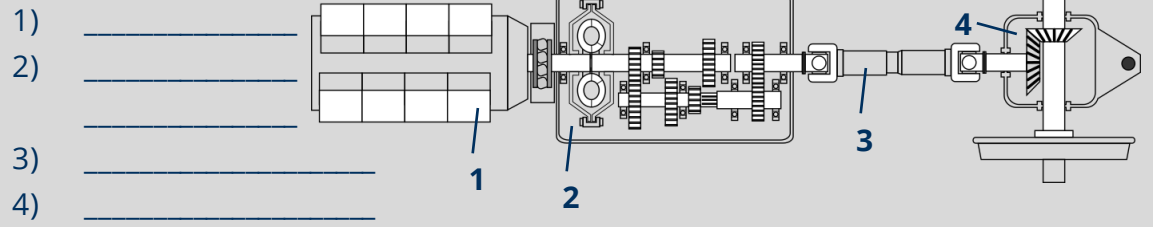


Quelle: ZF Friedrichshafen AG

Nachteile:



typischer Aufbau:



Anwendung:



Foto: Martin Kache

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten - Hydrostatische LÜ

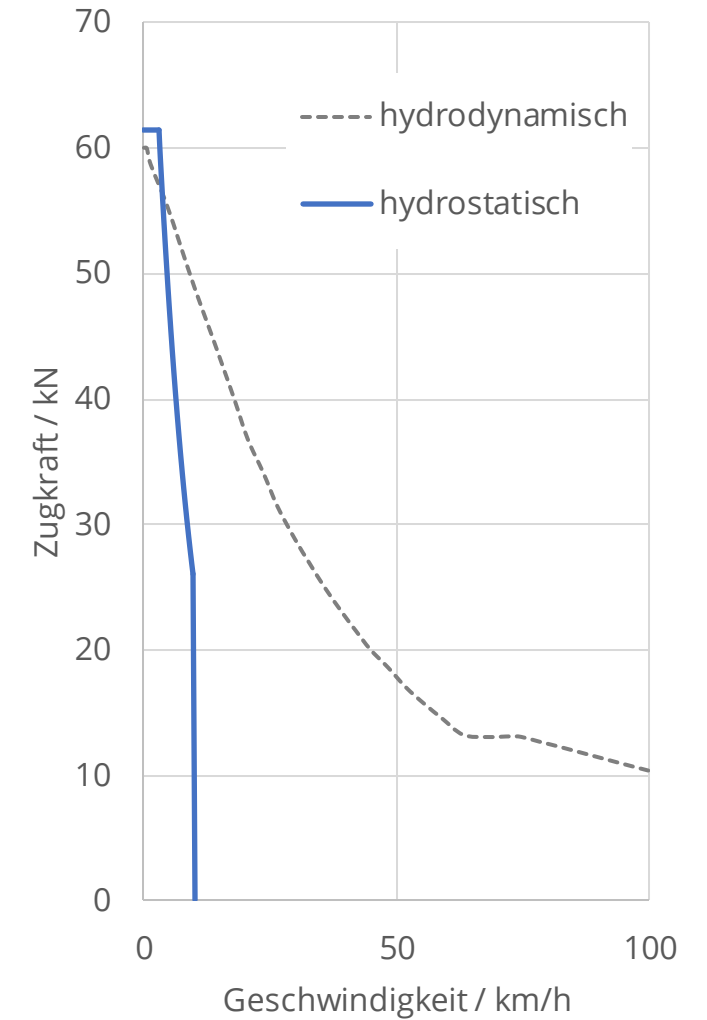
Vorteile:

Nachteile:

Beispielfahrzeug BR 703

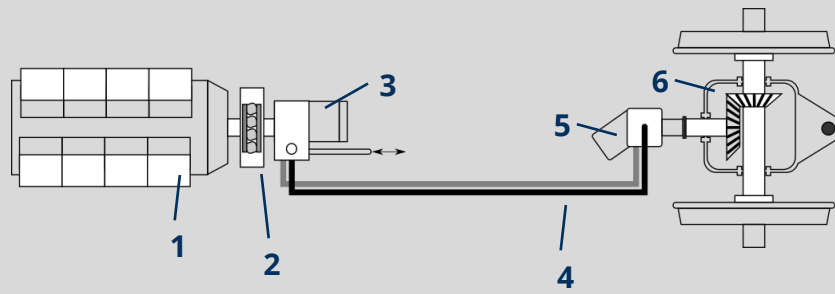


Foto: Reinhard Gessen



typischer Aufbau:

- 1) Dieselmotor
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____
- 5) _____
- 6) Radsatzgetriebe



Anwendung:

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

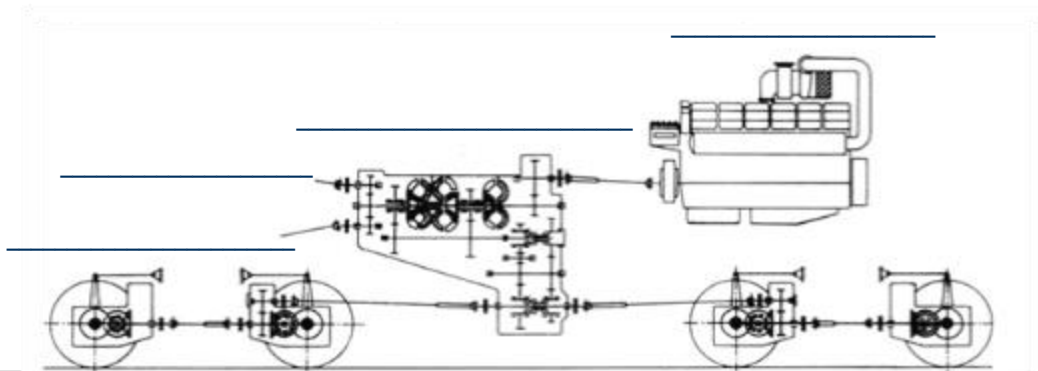
3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten - Hydrodynamische LÜ

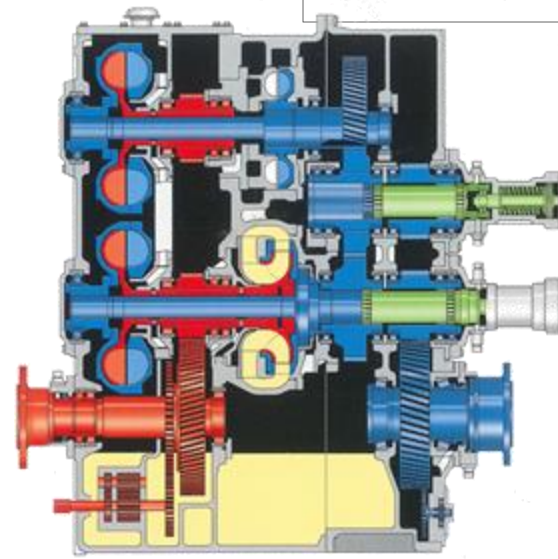
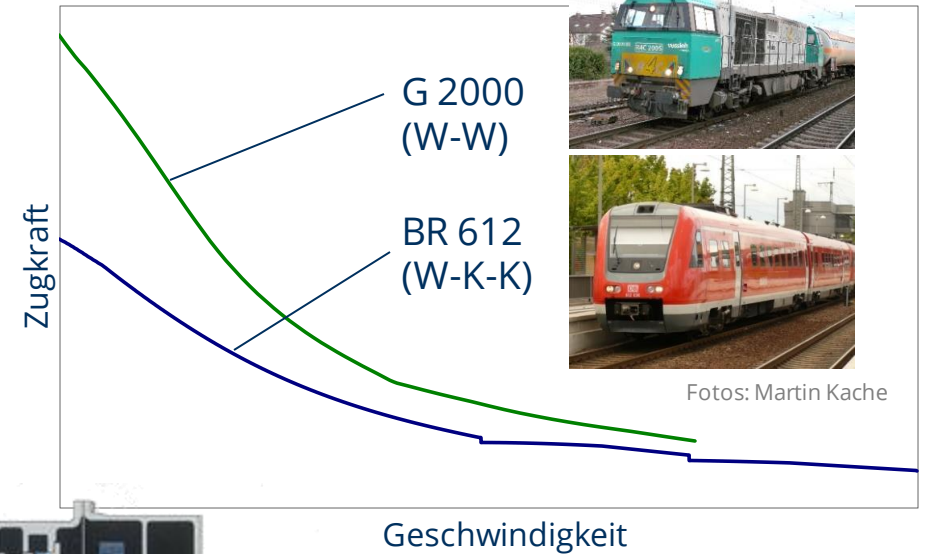
Vorteile:

Nachteile:

Anwendung:



Zugkraft-Charakteristiken



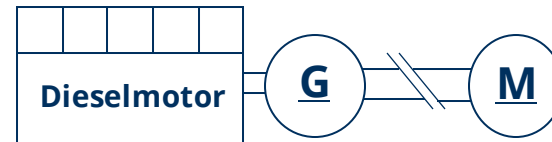
Beispiel Strömungsgetriebe:
T 312bre (Referenz BR 612)
– Dreiganggetriebe
– Bauart W-K-K
– über 90% Wirkungsgrad
in den Kupplungsgängen

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

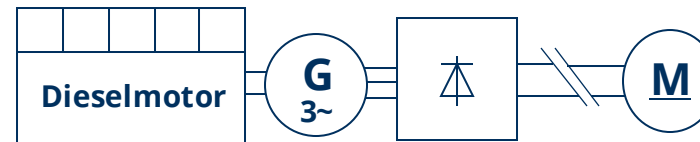
3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.4 Leistungsübertragungsarten - Elektrische LÜ

Vorteile:

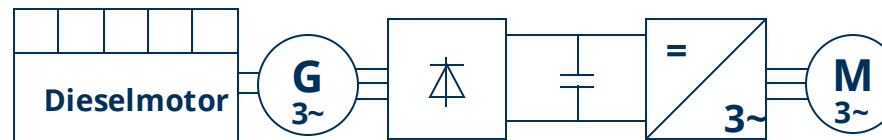


Nachteile:



Anwendung:

→ Typische Systemaufbauten:



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

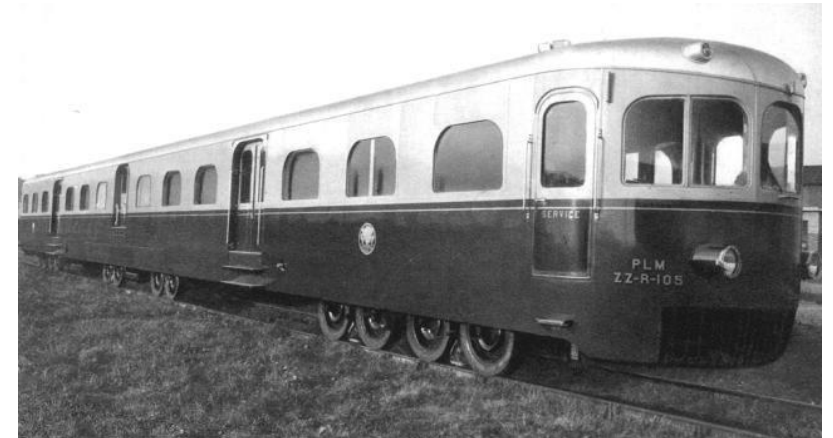
3.2.5 Frühe Fahrzeugentwicklungen

Triebwagen

- erste Serienfahrzeuge ab 1905 in USA und Europa, beschleunigte Entwicklung nach 1. WK in Europa
- Anfang 1920er Jahre großer Bedarf an Triebwagen in ganz Europa
- Oberbau-schonende, leichte Fahrzeuge für kostengünstigen Personenverkehr auf Nebenbahnen (→ LVT)
- schnelle, leistungsstarke Fahrzeuge (in Leichtbauweise) für Städteverbindungen (→ SVT)



Quelle: Wikipedia



Quelle: Wikipedia

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

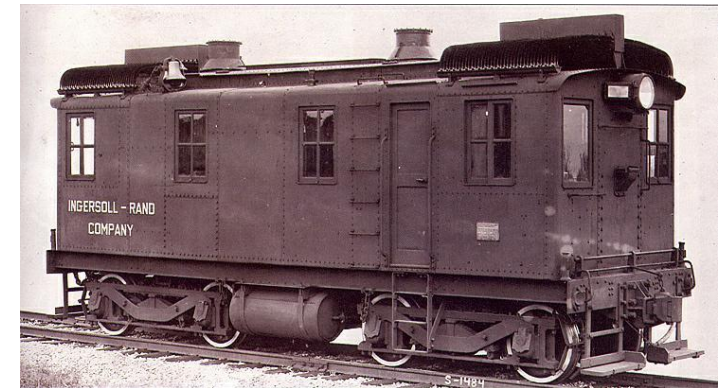
3.2.5 Frühe Fahrzeugentwicklungen

Kleinlokomotiven

- bereits Anfang 20. Jh. technisch gut umsetzbar:
 - mechanische LÜ
 - kleine erf. Motorleistungen
- durch betriebliche Vorteile frühe Anwendungen von Kleinlokomotiven mit VM auf Bf mit geringem Rangierbetrieb
- leichte Bedienbarkeit, schneller Betriebsbereitschaft, Personaleinsparung
- in D ab 1930er zahlreiche Kleinlok-Beschaffungen („Leistungsgruppe I/II“ → bis 31/109 kW, insg. 1300 Stk. sog. K/Kö)
- „Kleinlok“ nach US-Maßstäben – 1925: ALCO „Boxcab“
- erste relevante Serien-Diesellokomotive mit el. LÜ (Bo'Bo', $P_{inst} = 220 \text{ kW}$, 30 Stk.)



Foto: Wikipedia/Gerne



Quelle: sbiii.com

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.5 Frühe Fahrzeugentwicklungen

Streckenlokomotiven

- Entwicklung relevanter Fahrzeuge zunächst v. a. in USA o. UdSSR
- ab 1924 erste leistungsfähige und erfolgreiche Streckenlokomotiven mit elektrischer LÜ
- bis Ende 1930er erreichen Lokomotiven mit el. LÜ (DC-DC) in USA höchste Leistungen
 - 1937: EMD E-Serie, 1300 kW pro Fahrzeugeinheit (2 DM, Radsatzfolge A1A' A1A')
 - 1939: EMD F-Serie 1000 kW pro Fahrzeugeinheit (1 DM, Radsatzfolge Bo'Bo')



Quelle: Wikipedia



Quelle: Wikipedia



Quelle: Wikipedia

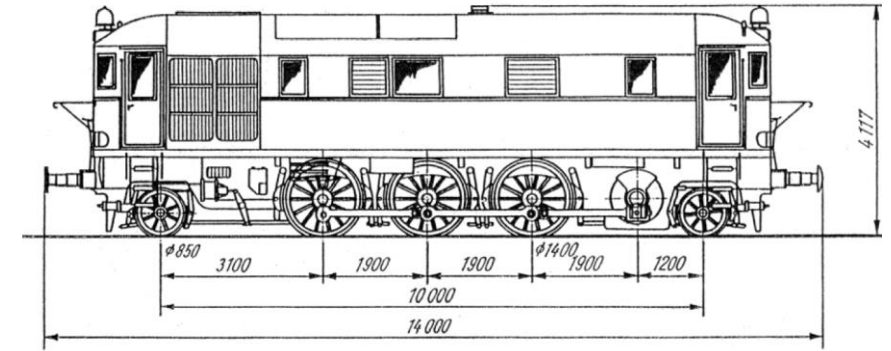
3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.5 Frühe Fahrzeugentwicklungen

Streckenlokomotiven

- Entwicklung des Strömungsgetriebes ermöglicht hydrodyn. LÜ
→ leistungsstarke, leichte Streckenlokomotiven
(el. LÜ zunächst nur bei $m_{RS} \gg 20$ t möglich)
- 1935: V 140 001 (Einzelstück):
 - Radsatzfolge 1'C1' (1-Rahmen-Fahrzeug)
 - $P_{inst} = 1030$ kW
 - $F_z = 140$ kN
 - $m_{Tfz} = 83$ t (12,4 kW/t), $m_{RS} = 17,3$ t
 - $m_T = 51,7$ t
 - $v_{max} = 100$ km/h
 - $D_T = 1400$ mm
- aufgel. 8 Zyl.-Viertakt-DM ($n_{nenn} = 700$ min⁻¹), Voith-Getriebe (WKK)
- Blindwelle + Stangenantrieb

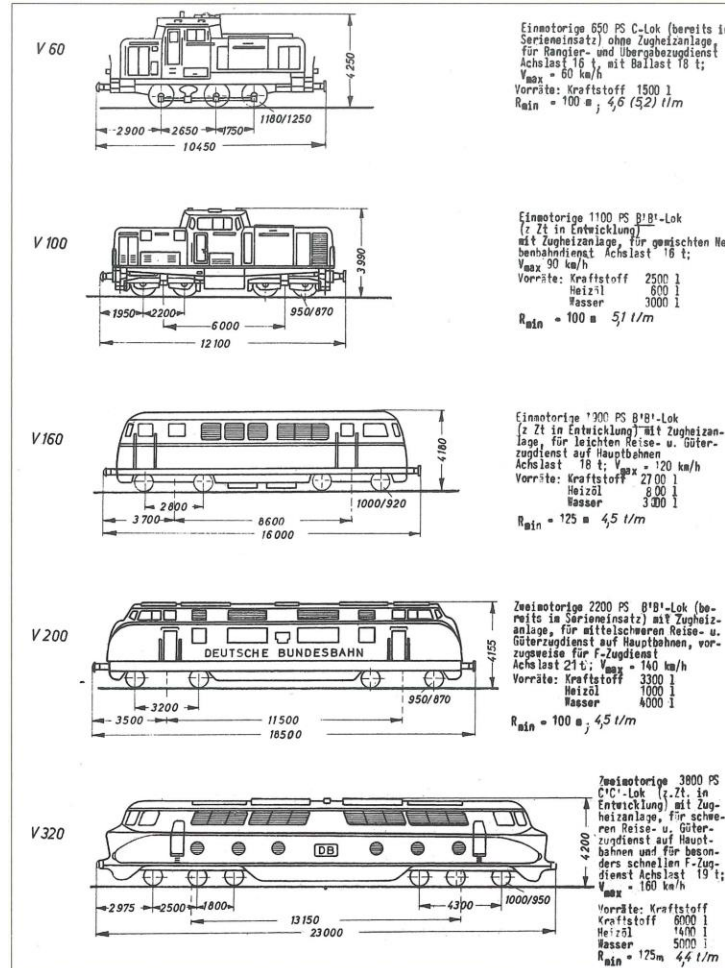


Quelle: Wikipedia

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

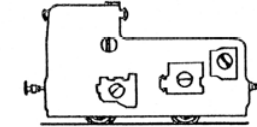
3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.6 Beschaffungsprogramme der Deutschen Bahnen

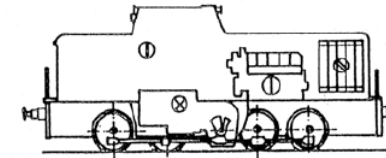


DB-Entwicklungsprogramm (Stand 1958)

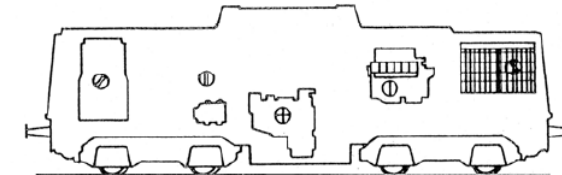
V 18 V 22



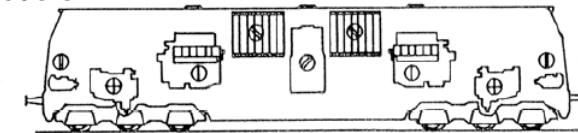
V 60



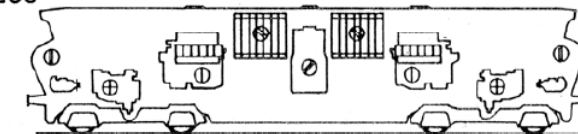
V 100



V 180C'C'



V 200



DR Diesellok-Typenprogramm 1957

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.6 Beschaffungsprogramme der Deutschen Bahnen

Deutsche Bundesbahn

- aus BR-Familie V160 (DB BR 215-219, Stückzahl > 800) etabliert sich Standardtyp für DB-Streckenlok: **BR 218**

- Radsatzfolge B'B' (Brückenfahrzeug)
- $P_{inst} = 1839...2000$ kW
- $F_Z = 235$ kN (Langsamgang)
- $m_{Tfz} = 80$ t (25 kW/t)
- $m_{RS} = 20$ t
- $v_{max} = 160$ km/h
- $D_T = 1000$ mm



Foto: Wikipedia/Thomas Wolf

- verschiedene Motortypen (nach Remotorisierung/Modernisierung), jeweils $n_{nenn} = 1500$ min⁻¹
- el. Zugheizanlage via Umrichter von DM gespeist

Deutsche Reichsbahn

- Bedarf an Diesellok mit $P > 2000$ kW
- zunächst leistungsstarke Güterzugdiesellokomotiven mit *el. LÜ* importiert (DR BR 120, 130/131)
- Forderung nach leistungsstarker Universallokomotive erst durch DR **BR 132** (DB AG BR 232) erfüllt:

- Radsatzfolge Co'Co'
- $P_{inst} = 2200$ kW
- $F_Z = 295$ kN
- $m_{Tfz} = 122$ t (18 kW/t)
- $m_{RS} = 20$ t
- $v_{max} = 120$ km/h
- $D_T = 1050$ mm



Foto: Martin Kache

- 4-Takt-Dieselmotor 5D49 – $n_{nenn} = 1000$ min⁻¹
- el. Zugheizanlage

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.6 Beschaffungsprogramme der Deutschen Bahnen

Deutsche Bahn AG

- nach Wiedervereinigung BRD/DDR und Gründung DB AG (01.01.1994) stark geänderter Fahrzeugbedarf bei Dieseltriebfahrzeugen
 - Güterzug-Diesellokomotiven, Diesellokomotiven m. Dampfheizung ↘
 - Universallokomotiven (m. el. Zugheizung) →
 - Triebwagen für den Regionalverkehr ↗
- teilw. Rekonstruktion und Modernisierungsprogramme
 - z. B. BR 232 für 140 km/h → BR 234
- Neubeschaffungen vorrangig auf VT (teilw. mit Neigetechnik) beschränkt
 - BR 605, 610, 612, 642, 643, 644, 650, ... u. a.
- wenige Neubau-Lokomotiven:
 - Voith Gravita BR 261/265 (Rangierlok m. hydrodyn. LÜ, als Ersatz für V90)
 - Bombardier Traxx DE ME BR 245 (Streckenlok m. 4 DM, el. LÜ, Ersatz BR 218)
- Tendenz: Fahrzeugbeschaffung „von der Stange“, keine gemeinsamen Entwicklung zw. Betreiber (DB AG) und Hersteller
- keine einheitlichen Fahrzeugkonzepte wie bei ehem. Staatsbahnen



Foto: Martin Kache



Foto: Martin Kache



Foto: flickr/Thomas Naas

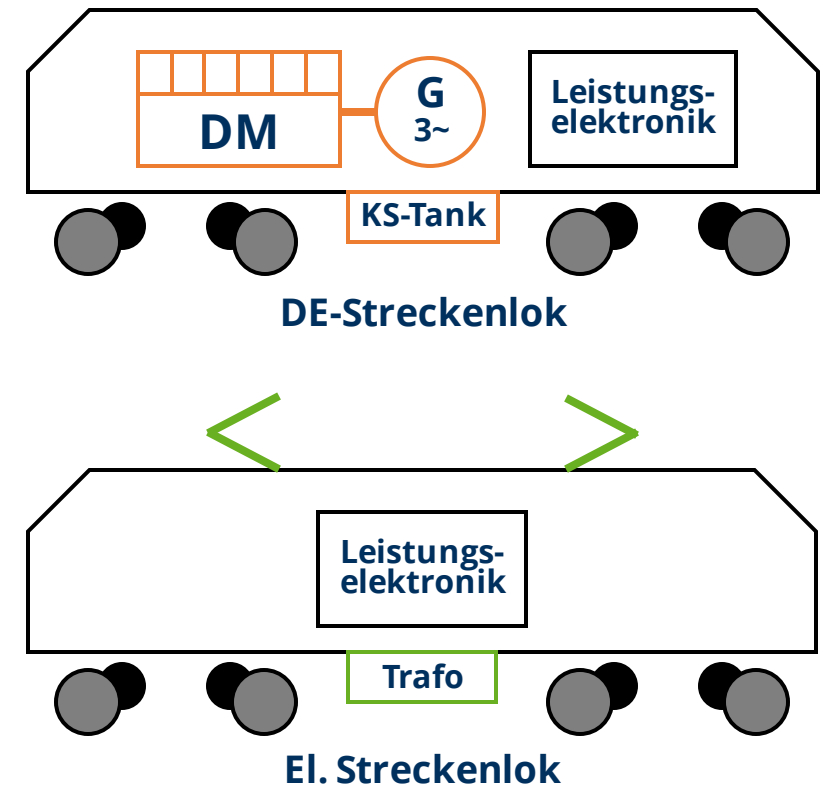
3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen

Plattformkonzepte (Lokomotiven)

- parallel zu el. Tzf setzen sich bei Herstellern zunehmend sog. Plattform- u. Baukastenkonzepte durch
- Gründe:
 - kleinere Stückzahlen pro Auftrag (keine großen „Staatsaufträge“ mehr)
 - Kosten- und Konkurrenzdruck der Hersteller
 - rationellere Fertigung nötig
- Lösung: Anpassung einer flexiblen, modularen Grundkonstruktion an Kundenwunsch
- außerdem: Durchsetzen der el. LÜ (DAT) bei Diesellokomotiven und größeren VT
- stärkere Ähnlichkeit zwischen Diesel- und Elektrotriebfahrzeugen begünstigt Schaffung gleicher „Plattform“
- Bsp: Siemens Vectron, Bombardier Traxx, Stadler Flirt, ...



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen

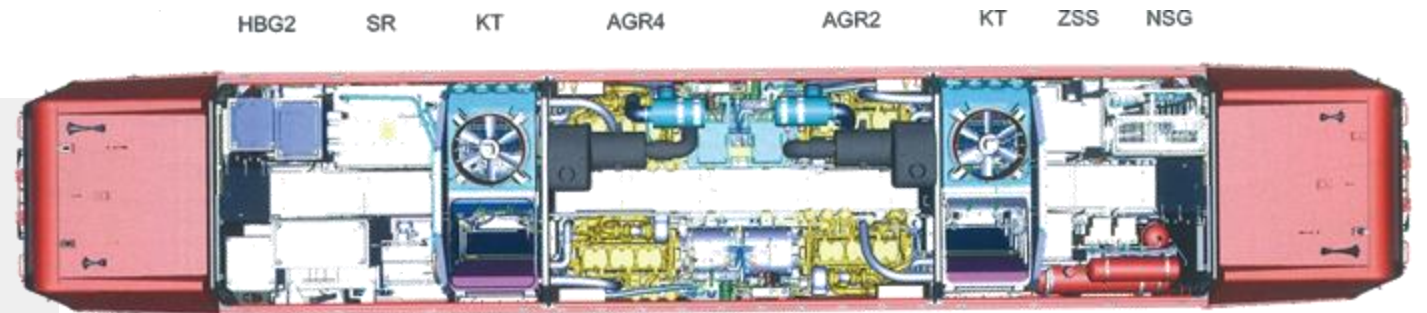
Multi-Engine-Fahrzeuge

— Beispielfahrzeug **Traxx DE ME P160**

- Radsatzfolge Bo'Bo'
- $P_{inst} = 4 \times 563 \text{ kW} (= 2252 \text{ kW})$
- $F_z = 300 \text{ kN}$
- $m_{Tfz} = 81 \text{ t} (36 \text{ kg/kW})$
- $m_{RS} = 20,3 \text{ t}$
- $v_{max} = 160 \text{ km/h}$
- $D_T = 1250 \text{ mm}$

— Motoren mit Generatoren zu sog. „Gensets“
zusammengefasst → austauschbare Einheit

— weitere Fahrzeugbsp: Alstom H3 Bi-Diesel, Vossloh G6 ME, NRE 3GS21B (USA)



ES	HBG1	AGR3	AGR1	DG
HBG	Hilfsbetriebegerüst	DLG	Druckluftgerüst	
SR	Stromrichter	ZSS	Zugsicherungsschrank	
KT	Kühlturm	NSG	Niederspannungsgerüst	
AGA	Aggregat (Diesel+ Generator)	ES	Elektronikschrank	

Abbildung: Bombardier

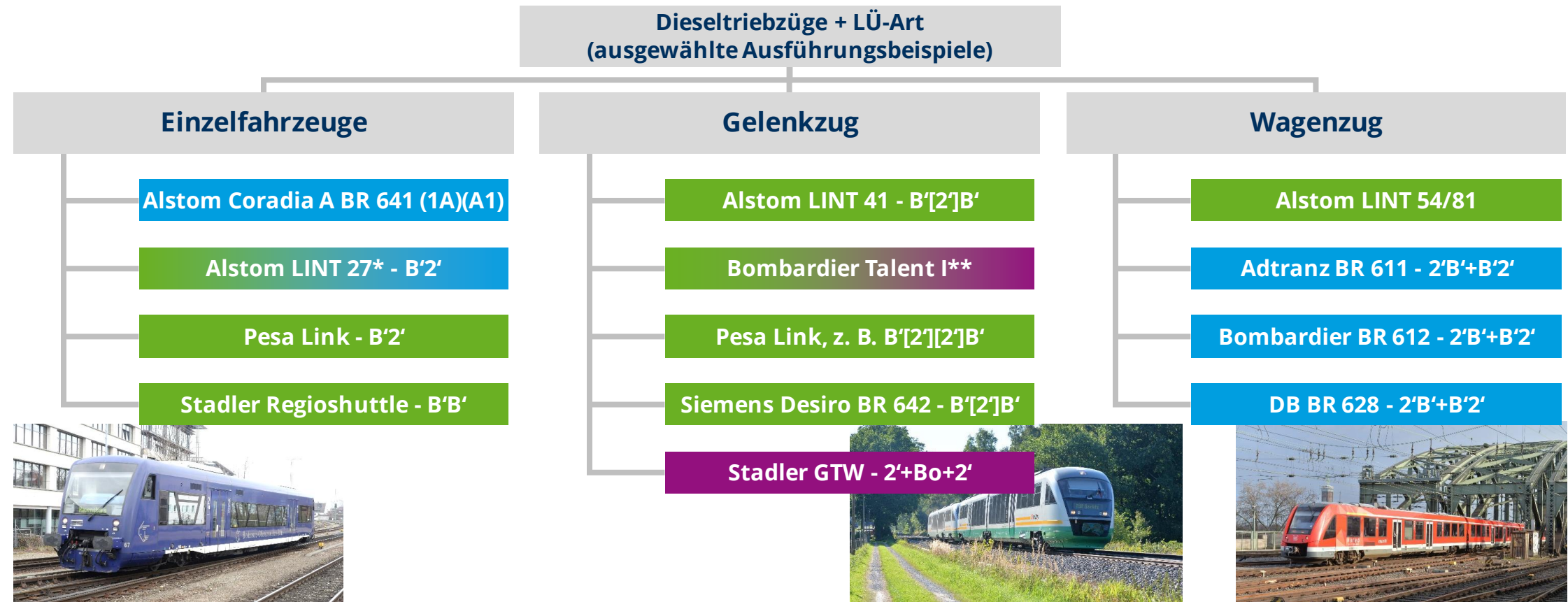
3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen – Triebwagen & -züge

Legende LÜ-Art

- hydromechanisch
- hydrodynamisch
- elektrisch



*Variante DBAG BR 640 –

**Varianten B'[2]B', B'[2][2]B' (2- bzw. 3-Teiler) – , Bo'[2][2][2]Bo' –

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen – Triebwagen & -züge

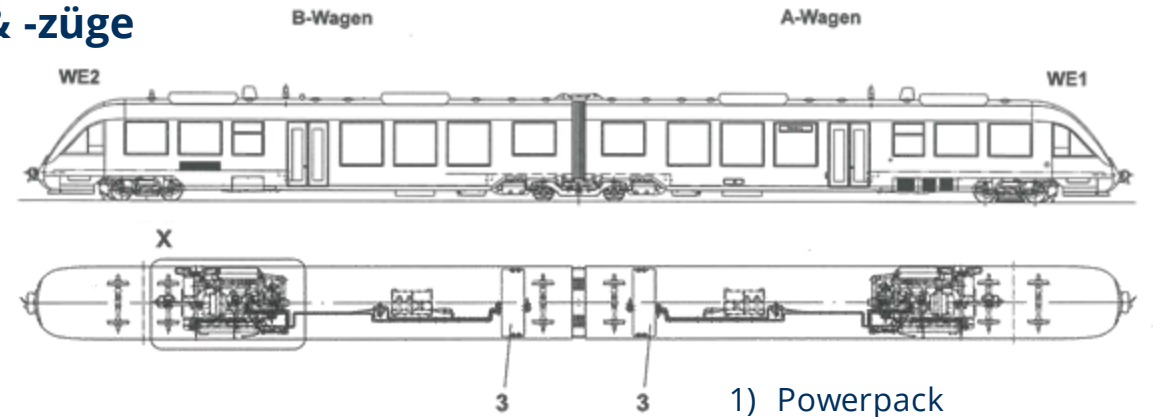
Alstom Coradia LINT 41

- Radsatzfolge B'[2]B'
- $P_{inst} = 2x (315...390) \text{ kW}$ (je nach Ausführung)
- $a = 0,6 \text{ m/s}^2$
- $m_{Tfz} = (63,5...68) \text{ t}$
- $v_{max} = (120...140) \text{ km/h}$
- $D_T = 770 \text{ mm}$

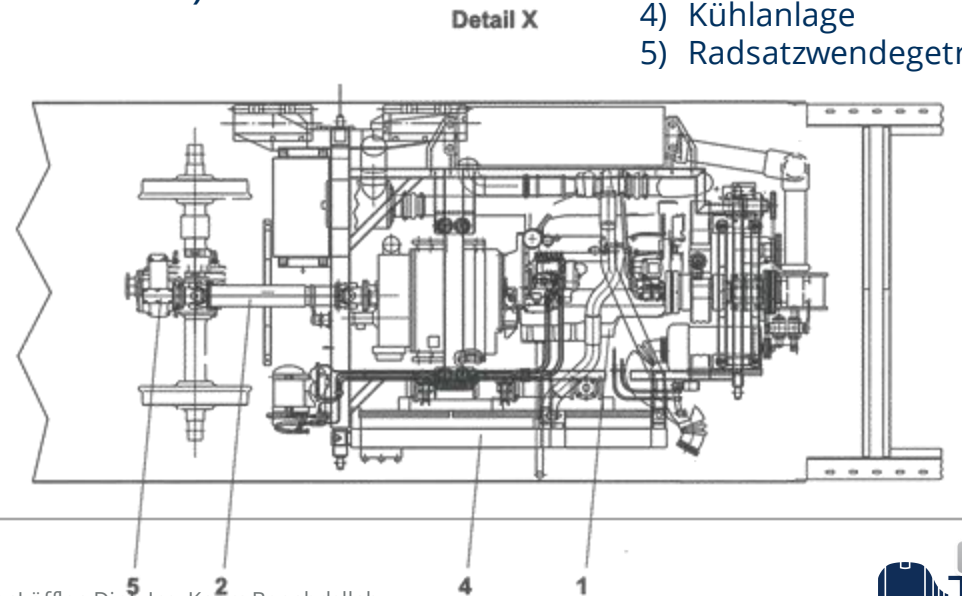
— MTU Motor 6R 183 TD13H mit 5-Gang Ecomat-Getriebe (hydromech.)



Foto: wikimedia/EveryPicture



- 1) Powerpack
- 2) Gelenkwelle
- 3) Kraftoffanlage
- 4) Kühlanlage
- 5) Radsatzwendegetriebe



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen – Triebwagen & -züge

Stadler GTW (BR 646 u. a.)

- Radsatzfolge 2'+(Bo)+'B'
- $P_{inst} = 550 \text{ kW}$
- $a_{Anf} = 0,85 \text{ m/s}^2$
- $m_{Tfz} = 57,4 \text{ t}$
- $v_{max} = 120 \text{ km/h}$
- $D_T = 860 \text{ mm}, D_L = 680 \text{ mm}$
- Mittelfahrzeug mit Powerpack:
 - MTU Motor 12V 183TD13 E2 mit el. LÜ (AC-AC)
 - 3AC Synchron-Traktionsgenerator (460 kW)
 - ASM Fahrmotoren (2x 262 kW)



Foto: wikimedia/Knut Rosenthal

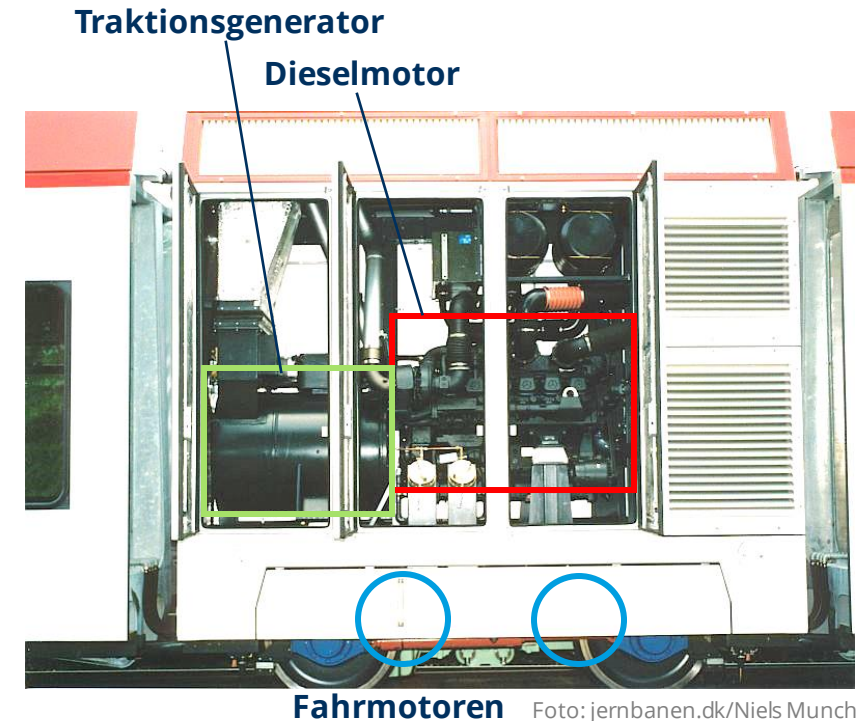
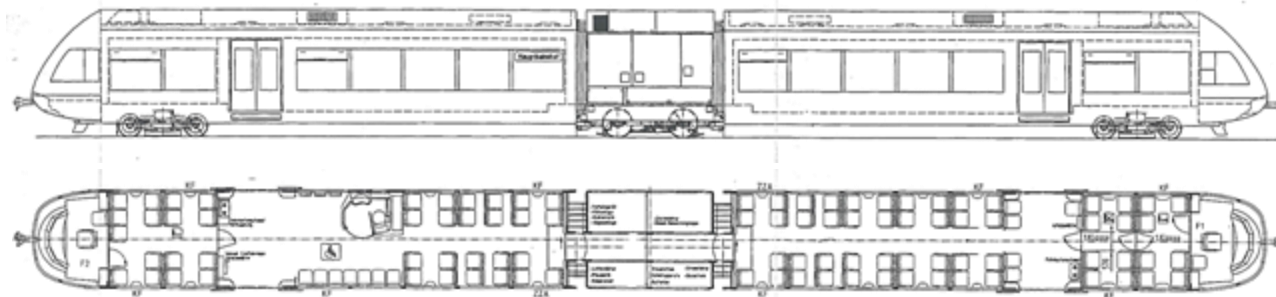


Foto: jernbanen.dk/Niels Munch

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen – Vergleich Lok

Hersteller	Modell	RS-Folge	P _{inst.} [kW]	Masse [t]	V _{max} [km/h]	Baujahr	Motor	Motor-Drehzahl	spezif. Leistung [kW/t]	Leistung/RS
NEWAG	311Da	Co'Co'	2133	120	100	2007	GE 7FDL 12 EFI	1050	17,8	355,5
Vossloh	333.3	Co'Co'	2240	120	120	2002	GM-EMD 16-645 E3	950	18,7	373,3
EMD	JT42CWR "Class 66"	Co'Co'	2420	126	120	1998	GM-EMD 12N-710G3B-EC	950	19,2	403,3
Bombardier	DE-AC33C "Blue Tiger"	Co'Co'	2460	126	120	1996	GE 7FDL12	1050	19,5	410,0
GE Transportation	PH37ACai (EU)	Co'Co'	2750	126	120	2012	PowerHaul P616	1500	21,8	458,3
Voith	Maxima 30CC	C'C'	2750	126	120	2008	ABC 12V DZC	1000	21,8	458,3
Henschel	DE 2500 (202 002)	Bo'Bo'	1840	76	120	1971	MTU MA 12 V 956 TB	1500	24,2	460,0
Siemens	ER20	Bo'Bo'	2000	80	140	2002	MTU 16V 4000 R41	1800	25,0	500,0
Bombardier	DE2000	Bo'Bo'	2100	81,6	160	1997	2x MTU 12V396TC13	1800	25,7	525,0
Bombardier	TRAXX P160 DE	Bo'Bo'	2200	84	160	2006	MTU 16V 4000 R41L	1800	26,2	550,0
Voith	Maxima 40CC	C'C'	3600	135	120	2006	ABC 16V DZC	1000	26,7	600,0
Siemens	Charger (USA)	Bo'Bo'	3280	120	200	2016	Cummins QSK95	1700	27,3	820,0
Bombardier	TRAXX DE ME	Bo'Bo'	2252	82	160	2012	4x CAT C18	2000	27,5	563,0
Alstom	BB75400	Bo'Bo'	2400	86	120	2010	MTU 16V 4000 R43L	1800	27,9	600,0
PESA	Gama 111 Db	Bo'Bo'	2400	84	160	2014	MTU 16V 4000 R84	1800	28,6	600,0
Siemens	Vectron DE	Bo'Bo'	2400	84	160	2010	MTU 16V 4000 R84	1800	28,6	600,0
Stadler*	EURO 3000 Freight concept	Bo'Bo'	2460	82	120	2012	EMD 12N-710G3C-U2	950	30,0	615,0
GE	China Railways HXN5	Co'Co'	4660	150	120	2008	GE GEVO16	1050	31,1	776,7
Stadler*	UKLIGHT	Bo'Bo'	2800	85	160	2013	CAT C175-16	2000	32,9	700,0
Stadler*	EURO LIGHT	Bo'Bo'	2800	79	200	2010	CAT C175-16	2000	35,4	700,0

*ehem. Vossloh

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.2 Dieseltriebfahrzeuge

3.2.7 Aktuelle Fahrzeugkonfigurationen – Vergleich VT

Hersteller	Modell	RS-Folge	P _{inst.} [kW]	Masse [t]	V _{max} [km/h]	Baujahr	Motor	Motor-Drehzahl	spezif. Leistung [kW/t]
Alstom	Coradia Polyvalent (4-Teiler)	Bo'2'2'2'Bo'	1360	150	160	2011	MAN D2676 LE62X	1800	9,1
Alstom	Lint 27 (BR 640)	B'2'	315	40,2	120	1999	MTU 6R 183 TD13H	1900	7,8
Alstom	Lint 41	B'[2']B'	630	63	140	1999	MTU 6R 183 TD13H	1900	10,0
Bombardier	BR 612	2'B'+B'2'	1120	116	160	1998	Cummins QSK19-R	2000	9,7
Pesa	Link	B'2'B'	1130	89	140	2012	MTU 6H 1800 R85L	1800	12,7
Siemens	Desiro BR 642	B'2'B'	550	88	120	1999	MTU 6R 183 TD13H	1900	6,3
Stadler	RS1	B'B'	514	40	120	1996	MAN D2865 LUH 7	2000	12,9
Stadler	GTW (BR 646)	2'+(Bo)+2'	550	57,4	120	1996	MTU 12V 183 TD 13 E2	2100	9,6
Alstom	Coradia A TER (BR 641)	(1A)(A1)	514	48,7	120	2001			10,6
Adtranz	BR 611	2'B'+B'2'	1080	116,0	160	1996	MTU 12V 183 TD 13	2100	9,3
Alstom	Lint 54 (BR 622)	B'2+B'B'	1170	98	140	2013			11,9